

IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO BÁSICO DE REMOCIÓN DE
SÓLIDOS PARA EL AGUA USADA POR LA ASOCIACIÓN DE
VENEDORES DEL CERRO DE GUADALUPE

BRAYAN DAVID RODRÍGUEZ VEGA 506567
CHRISTIAN LEONARDO GUERRERO LÓPEZ 506701

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD DE TRABAJO SOCIAL
BOGOTÁ
JUNIO DEL 2020

IMPLEMENTACIÓN DE UN TRATAMIENTO BÁSICO DE REMOCIÓN DE
SÓLIDOS PARA EL AGUA USADA POR LA ASOCIACIÓN DE VENDEDORES
DEL CERRO DE GUADALUPE

BRAYAN DAVID RODRÍGUEZ VEGA 506567
CHRISTIAN LEONARDO GUERRERO LÓPEZ 506701

Trabajo de Grado para obtener el título de
Ingeniero civil

Director
ING. FELIPE SANTAMARÍA ALZATE
Ingeniero Ambiental y Sanitario
Mcs Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD DE TRABAJO SOCIAL
BOGOTÁ
JUNIO DEL 2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota De Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, junio de 2020

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por permitirme estar culminando esta etapa de mi vida, a mis padres por todo el esfuerzo y compañía brindada, a cada uno de los maestros con los cuales tuve la oportunidad de aprender y ampliar mi conocimiento tanto para mi vida profesional como personal. Este trabajo va a dedicado a mis padres que con gran esfuerzo me han brindado la posibilidad de estudiar, a mis hermanos por la compañía y el apoyo en cada uno de mis logros y vicisitudes que tuve a lo largo de mi carrera, finalmente a todos mis amigos, familiares y conocidos que de alguna manera aportaron para que hoy en día este culminando mi carrera.

Brayan David Rodríguez

Quiero agradecer primero a Dios por brindarnos sabiduría a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. Quiero dedicar este trabajo a mi familia por su apoyo incondicional brindado a lo largo de toda la carrera. A la persona que me motivo a iniciar esta etapa que ya estamos culminando y a cada una de las personas que estuvieron presentes y que por algún motivo fueron quedando atrás pero que de alguna forma estuvieron ahí presentes brindando algún apoyo para para poder lograr terminar esta etapa de nuestras vidas.

Christian Leonardo Guerrero L.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. GENERALIDADES.....	13
1.1. ANTECEDENTES.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.4. OBJETIVOS	16
2. MARCO REFERENCIAL.....	17
2.1. MARCO TEÓRICO	17
2.2. MARCO CONCEPTUAL	22
2.3. ALCANCES Y LIMITACIONES	29
2.4. METODOLOGÍA.....	30
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	31
3.1. POBLACIÓN BENEFICIADA	31
3.2. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE CAPTACIÓN Y DE TANQUES.....	31
3.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL A TRATAR	32
3.4. Consideraciones para el diseño.....	33
3.5. DISEÑO DEL SEDIMENTADOR	33
4. RESULTADOS.....	44
4.1. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	44
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	52
6. SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD.....	53
6.1. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO	53
6.2. CAPACITACIÓN PARA LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROTOTIPO	57
6.3. CAPACITACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO.....	60
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características Físicas del agua	18
Tabla 2 Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana	19
Tabla 3 Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana	20
Tabla 4 Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana	20
Tabla 5 Características microbiológicas del agua	21
Tabla 6 Granulometría	42
Tabla 7 Costos de construcción	51
Tabla 8 Resultados de turbiedad	52

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sedimentador de alta tasa	26
Ilustración 2 Filtro de flujo ascendente	27
Ilustración 3 Localización General	31
Ilustración 4 Asignación del caudal	32
Ilustración 5 Modelo del prototipo	44
Ilustración 6 Despiece del Prototipo	45
Ilustración 7 Armado del prototipo paso 1	46
Ilustración 8 Armado del prototipo paso 2	46
Ilustración 9 Armado del prototipo paso 3	46
Ilustración 10 Armado del prototipo paso 4	47
Ilustración 11 Armado del prototipo paso 5	47
Ilustración 12 Armado del prototipo paso 6	47
Ilustración 13 Armado del prototipo paso 7	48
Ilustración 14 Armado del prototipo paso 8	48
Ilustración 15 Armado del prototipo paso 9	48
Ilustración 16 Armado del prototipo paso 10	49
Ilustración 17 Proceso de llenado del prototipo	55
Ilustración 18 Proceso de sedimentación	55
Ilustración 19 Proceso de sedimentación	56
Ilustración 20 Proceso de entrega	56
Ilustración 21 Instalación del prototipo paso 1	58
Ilustración 22 Instalación del prototipo paso 2	58
Ilustración 23 Instalación del prototipo paso 3	58
Ilustración 24 Instalación del prototipo paso 4	58
Ilustración 25 Instalación del prototipo paso 5	58
Ilustración 26 Instalación del prototipo paso 6	58
Ilustración 27 Instalación del prototipo paso 7	59
Ilustración 28 Instalación del prototipo paso 8	59
Ilustración 29 Instalación del prototipo paso 9	59
Ilustración 30 Mantenimiento del prototipo paso 1	61
Ilustración 31 Mantenimiento del prototipo paso 2	61
Ilustración 32 Mantenimiento del prototipo paso 3	61
Ilustración 33 Mantenimiento del prototipo paso 4	61
Ilustración 34 Mantenimiento del prototipo paso 5	61
Ilustración 35 Mantenimiento del prototipo paso 6	61
Ilustración 36 Mantenimiento del prototipo paso 7	62

Ilustración 37 Mantenimiento del prototipo paso 8	62
Ilustración 38 Mantenimiento del prototipo paso 9	62
Ilustración 39 Mantenimiento del prototipo paso 10	62
Ilustración 40 Mantenimiento del prototipo paso 11	62
Ilustración 41 Mantenimiento del prototipo paso 12	62
Ilustración 42 Mantenimiento del prototipo paso 13	63
Ilustración 43 Mantenimiento del prototipo paso 14	63
Ilustración 44 Mantenimiento del prototipo paso 15	63

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1 Material granular.....	42
Foto 2 Tamizado.....	42
Foto 3 Vista en planta.....	50
Foto 4 Vista frontal.....	50
Foto 5 Vista frontal.....	50
Foto 6 Vista lateral.....	50
Foto 7 Socialización del Proyecto	57

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Carta de aceptación del proyecto.

Anexo 2. Plano de prototipo.

Anexo 3. Folleto de instalación y puesta en marcha.

Anexo 4. Folleto mantenimiento y limpieza.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido primordial para el ser humano, por eso su uso es de gran importancia en el consumo diario de las personas, aunque muchas fuentes de agua pueden estar químicamente en muy buenas condiciones, es recomendable tener un tratamiento físico ya que las fuentes de donde es captado este recurso contienen pequeñas partículas que pueden llegar a ser perjudiciales para la salud, y por lo tanto deben ser removidas.

Con el siguiente proyecto se quiso implementar un sedimentador de alta tasa y un filtro de flujo ascendente para darle un tratamiento básico de limpieza al agua usada por la Asociación de Vendedores del Cerro de Guadalupe, ya que hoy en día el agua que se utiliza en este lugar, sitio turístico de Bogotá carece de un tratamiento que permita mejorar su calidad y así ser apta para el consumo de la comunidad, lo anterior con base en las afirmaciones hechas por algunos los integrantes de la asociación.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó la fuente de donde se ha obtenido el agua, ya que cuenta con una concesión aprobada previamente por la Corporación Autónoma Regional CAR, es a partir de este criterio se realizaron los cálculos correspondientes para hacer el dimensionamiento del prototipo, y aunque no fue posible realizar la comprobación de su funcionalidad se tomó como referencia “el proyecto final de la asignatura Plantas de tratamiento”¹ donde se realizó un prototipo con características similares de diseño y se comprobó su funcionalidad, por lo cual la probabilidad de entregar un prototipo funcional que mejore la calidad del agua usada por la comunidad del cerro de Guadalupe es alta.

¹ (Zuñiga, 2019)

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

- En el año 2004 se publicó la Tesis **“DISEÑO DE UN SEDIMENTADOR DE PLACA PARALELA CON FLUJO HORIZONTAL BAJO EL CONCEPTO DE LA TASA DE DESBORDAMIENTO SUPERFICIAL”** de la Universidad de los Andes. Esta tesis tiene como objeto el estudio y diseño de un sedimentador de alta tasa, con el cual se quiere mejorar los estándares de calidad, así como la eficiencia de los sedimentadores que se usan en la planta “El Dorado”. De este proyecto se puede concluir que por el tipo de estructura es muy útil donde haya poco espacio para instalar un sedimentador convencional, además de su bajo costo en la construcción, por el tipo de material usado ya que es acero inoxidable que es más económico que un muro en concreto reforzado de grandes dimensiones. En cuanto a nuestro proyecto se ve ligado el hecho de construir un prototipo el cual por su material y dimensiones es más económico y poco espacioso.
- En el año 2017 se publicó la tesis de pregrado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA MODELO DE TRATAMIENTO PARA LA POTABILIZACIÓN DE AGUA, SE DISPONDRÁ EN EL LABORATORIO DE AGUAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA”**. La tesis habla sobre el diseño y construcción de un modelo de planta de tratamiento el cual posee un Sedimentador de alta tasa, se concluye de esta que con los elementos que la componen cumple con la eficiencia y los requisitos solicitados por las normas colombianas. Teniendo en cuenta que en el proyecto se desea realizar un sedimentador se tiene como base el funcionamiento de prototipos anteriores realizados con el acompañamiento de la universidad y que su funcionalidad fue comprobada.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El cerro de Guadalupe se encuentra ubicado en Colombia al oriente de la ciudad de Bogotá, tiene una altura de 3360 msnm, y sobre él reposa una escultura de 15 metros de la Virgen de la Inmaculada Concepción, patrona de la Arquidiócesis de Bogotá, y una pequeña ermita consagrada a Nuestra Señora de Guadalupe.

Es una de las joyas preciadas de la ciudad a la cual cada domingo asisten cientos de Bogotanos y turistas de diferentes partes del mundo en busca de bendiciones y/o un rato de esparcimiento ya que cuenta también con una espectacular vista de la capital desde el mirador del cerro, es de gran importancia mirar un poco más a fondo este sitio turístico ya que provee empleo a una comunidad de vendedores que se sustentan gracias al comercio de esculturas religiosas y artesanías, la venta de comida es otro de los sustentos grandes de la comunidad, pero es allí donde nace la necesidad a solventar del proyecto.

Con el fin de satisfacer la necesidad de mejorar la calidad del agua a petición de la comunidad es necesario crear un sistema el cual, por medio de un tratamiento básico limpie el agua que será usada tanto para el consumo de los cientos de visitantes como de las personas que laboran en este lugar, ya que a partir de esta se elaboran algunas de las comidas que allí se distribuyen, esta agua también es usada para el lavado de las vajillas que usan para la distribución a los visitantes que llegan hasta este lugar en su mayoría los días domingo y algunos pocos el resto de la semana, también es usada para el lavado de manos y otros utensilios usados durante la jornada.

A pesar que la fuente donde se capta el agua viene de uno de los páramos aledaños a este cerro y está alejado de la población, el agua aunque aparentemente se vea de buena calidad no deja de contener algún tipo de material particulado con alguna serie de propiedades que probablemente genere algún tipo de enfermedad debido a las diferentes tolerancias que tienen los cuerpos de cada una de las personas que visitan el cerro, estas aunque no lleguen a ser mortales si hacen que se vea afectada de alguna manera la salud de los consumidores.

Al ser un proyecto social se busca transmitir a la comunidad los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera y así brindar una solución práctica que solvante la necesidad que ellos tienen.

1.3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

El Cerro de Guadalupe es un sitio turístico de Bogotá en el cual trabaja una asociación de vendedores que no tiene acceso a sistemas de agua potable o agua de buena calidad para el consumo humano, ya que según algunos de ellos el agua es captada de una fuente natural sin pasar por ningún proceso que mejore su calidad, esto crea una problemática ya que la afectación no solo es para la comunidad sino para cada una de las personas que domingo a domingo visitan este sitio y consumen productos alimenticios sin saber que el agua que están consumiendo no lleva un tratamiento básico, lo cual puede llegar a provocar enfermedades.

El acceso a agua de buena calidad para los vendedores de la asociación quienes se encuentran alejados de un acueducto debidamente organizado hace que se creen captaciones muy artesanales a fuentes hídricas que muchas veces no son tan cercanas al sitio donde se localizan las “casetas” donde los vendedores que pertenecen a la Asociación de Vendedores de Guadalupe distribuyen sus alimentos.

Las personas que hicieron este tipo de conexiones carecen de los conocimientos adecuados para que el agua tenga un tratamiento mínimo antes de su consumo ya que no son profesionales en el tema. Teniendo en cuenta esta problemática la asociación busca tecnificar aplicando un tratamiento de limpieza posterior a la captación, mejorando la calidad del agua para que la asociación de vendedores pueda comercializar los productos sin que haya afectación alguna a los consumidores. Dicho tratamiento se puede hacer mediante una estructura que realice una sedimentación y una filtración, la cual puede hacer que se eliminen partículas que no se pueden apreciar a simple vista y pueden afectar la salud.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. General

Diseñar un prototipo funcional de un sedimentador de alta tasa y un filtro de flujo ascendente el cual será implementado como un tratamiento básico que permita la remoción de sólidos y limpieza del agua para que pueda ser utilizado por los afiliados a la Asociación de Vendedores del Cerro de Guadalupe.

1.4.2. Específicos

- Diseñar y construir una estructura hidráulica que permita hacer un tratamiento básico al agua y así mejorara su calidad.
- Brindar a la comunidad de vendedores del Cerro de Guadalupe la posibilidad de tratar el agua también usada por los turistas.
- Realizar un mejoramiento al agua utilizada por los Vendedores del Cerro de Guadalupe para la limpieza de los utensilios utilizados para la fabricación y distribución de los diferentes productos comercializados.
- Capacitar a la comunidad sobre la instalación y mantenimiento del prototipo.
- Suministrar material didáctico acerca del paso a paso de la instalación y mantenimiento del prototipo.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

El proyecto se desarrolló en beneficio de la comunidad de vendedores que trabajan en el Cerro de Guadalupe y a la vez de todas las personas que visitan este sitio turístico de Bogotá, ya que son los que se podrían ver afectados al consumir productos alimenticios que son preparados con agua sin ningún tipo de tratamiento y que, aunque hasta ahora no se ha reportado ningún caso de afectaciones a la salud, con este proyecto se pretende evitar esto a futuro.

Ahora bien, para entender un poco más acerca del tratamiento de agua para el consumo humano tenemos que echar una mirada años atrás de cómo era el tratamiento de este recurso natural y como ha ido evolucionando.

El tratamiento de agua es un proceso que se ha llevado a cabo durante siglos en el mundo, ya que el agua como recurso natural es de vital importancia para la humanidad, su almacenamiento y distribución no tenía procesos que le brindarían calidad a la misma, sin embargo en Israel más o menos hace 7000 años se comenzaron a desarrollar procesos de distribución y transporte del agua que era almacenada en pozos, aunque este no era un proceso de alta calidad brindaba un orden para la utilización de este recurso. *“Dentro de los primeros procesos para mejorar la calidad del agua encontramos embalses de aireación, que básicamente se encargan de transferir oxígeno del aire al agua”*², los procesos fueron evolucionando con el pasar de los años pese a que el crecimiento poblacional era mayor y por consiguiente las necesidades a solventar de igual forma.

Con el avance tecnológico que, aunque no era grande abarcaba grandes hallazgos, los romanos iniciaron con grandes construcciones para mejorar el almacenamiento del agua y así poder tratarla, utilizaban recursos de agua subterránea, ríos y agua de escorrentía, considerando que según la fuente de agua la calidad variaba, se pensaba que las mejores fuentes eran las aguas que provenían de las montañas. En comparación con los tratamientos usados en la antigüedad, los métodos aplicados hoy en día se han debido ir mejorando con el paso del tiempo ya que a medida que las poblaciones han crecido, la contaminación presentada en las aguas

² (S/A, Lenntech, s.f.)

que se usan para el consumo humano ha estado en aumento, por esta razón tener acceso a medios adecuados de saneamiento es de gran importancia ya que directamente está involucrado con la salud humana y el desarrollo. “*En Latinoamérica aún se encuentran varios municipios y/o comunidades que carecen de agua potable, y por consiguiente sin ningún tipo de sistema que purifique este recurso natural*”³.

El agua potable para el consumo humano tiene que cumplir con unas normas básicas, estas son las bacteriológicas y las fisicoquímicas, las cuales permiten que el agua no contenga microorganismos patógenos ni sustancias nocivas para la salud.

Según el ministerio de ambiente en la Resolución No 2115 (22 Jun 2007) describe los estándares o requisitos que debería tener el agua para consumo humano tanto para las características Fisicoquímicas como microbiológicas.

Para las características Fisicoquímicas tenemos:

Tabla 1 Características Físicas del agua

Características Físicas	Expresadas Como	Valor Máximo Aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto(UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no Aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2

Fuente (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

³ (Semana, 2019)

Tabla 2 Características químicas que tienen reconocido efecto adverso en la salud humana

ELEMENTOS, COMPUESTOS QUÍMICOS Y MEZCLAS DE COMPUESTOS QUÍMICOS DIFERENTES A LOS PLAGUICIDAS Y OTRAS SUSTANCIAS.	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (MG/L)
Antimonio	Sb	0.02
Arsénico	As	0.01
Bario	Ba	0.7
Cadmio	Cd	0.003
Cianuro libre y disociable	CN*	0.05
Cobre	Cu	1
Cromo total	Cr	0.05
Mercurio	Hg	0.001
Níquel	Ni	0.02
Plomo	Pb	0.01
Selenio	Se	0.01
Trihalometanos Totales	THMs	0.2
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)	HAP	0.01

Fuente (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Tabla 3 Características químicas que tienen implicaciones sobre la salud humana

ELEMENTOS, COMPUESTOS QUÍMICOS Y MEZCLAS DE COMPUESTOS QUÍMICOS QUE TIENEN IMPLICACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA.	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (MG/L)
Carbono Orgánico Total	COT	5
Nitritos	NO ₂	0.1
Nitratos	NO ₃	10
Fluoruros	F	1

Fuente (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Tabla 4 Características Químicas que tienen mayores consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana

ELEMENTOS Y COMPUESTOS QUÍMICOS QUE TIENEN IMPLICACIONES DE TIPO ECONÓMICO.	EXPRESADAS COMO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE (MG/L)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl	250
Aluminio	Al ³⁺	0.2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0.3
Manganeso	Mn	0.1
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0.5

Fuente (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

Para las características Microbiológicas tenemos:

Tabla 5 Características microbiológicas del agua

TÉCNICAS UTILIZADAS	COLIFORMES TOTALES	ESCHERICHIA COLI
Filtración por membrana	0 UFC/100 cm ³	0 UFC/100 cm ³
Enzima Sustrato	< de 1 microorganismo en 100 cm ³	< de 1 microorganismo en 100 cm ³
Sustrato Definido	0 microorganismo en 100 cm ³	0 microorganismo en 100 cm ³
Presencia-Ausencia	Ausencia en 100 cm ³	Ausencia en 100 cm ³

Fuente (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007)

A partir de los valores expuestos en cada una de las tablas anteriores y teniendo en cuenta que las fuentes de agua son de calidad variable los sistemas que se crean de igual forma, dependen una de la otra para determinar las características o procesos que deben tener estos sistemas comúnmente llamados plantas de tratamiento, para la purificación y/o potabilización del agua, estos procesos se seleccionan a partir de estudios que se deben realizar a cada una de las fuentes de agua a tratar, generalmente se hacen en laboratorios con plantas piloto para evaluar la mayor cantidad de propiedades del agua a tratar y así definir los procesos requeridos para su purificación.

Una vez que se hayan identificado las propiedades del agua a tratar y de seleccionar los procesos que se tienen que llevar a cabo, se tiene que realizar el diseño de la planta de tratamiento para suplir eficazmente cada uno de los procesos necesarios para obtener agua para el consumo de la comunidad, es importante optimizar y economizar cada uno de los procesos y operaciones, pero sin dejar de lado la calidad de estos. Para ello es importante que la planta de tratamiento sea confiable, flexible, fácil de operar y hacer mantenimiento, que solo contenga los instrumentos para control indispensables, cabe resaltar que todo depende de los resultados que arrojen los estudios ya que es donde se identifican los procesos y puede ser que alguno de ellos requiera de recursos específicos que pueden ser costosos y/o que necesiten de un seguimiento y control más complejo.

Como se mencionaba anteriormente *“existen varios procesos para el tratamiento del agua dentro de los cuales encontramos como principales los siguientes: aireación, mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Según el tratamiento que se desee hacer se combinan los procesos, y cada una de estas combinaciones depende de la calidad de la fuente de agua y del producto final que se quiera obtener”*.⁴

Otro de los aspectos importantes de la potabilización del agua es la prevención de enfermedades que se producen al momento del consumo de agua de mala calidad, ya que uno de los problemas de salud más significativos en el mundo está vinculado con el agua, ya sea por falta de agua pura para el consumo, por lavar alimentos con esta agua, y/o por instalaciones de saneamiento inadecuadas.

A continuación, se explicará un poco más acerca de algunos procesos que se realizan para la limpieza del agua y un poco más a fondo los conceptos que se derivan de la sedimentación y filtración para lograr entender un poco más la base de la cual parte la propuesta que se quiere desarrollar en el documento. Además de desglosar un poco el tipo de enfermedades que se producen por el consumo de agua de mala calidad.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

La ingeniería civil y ambiental tiene como uno de sus objetivos el proveer agua potable a las diferentes comunidades y/o municipios que en este momento carecen de este servicio ya que es de vital importancia para el bienestar y el confort de cada una de ellas.

Hoy en día los sistemas de potabilización y/o tratamiento de aguas están centralizados en las ciudades con grandes poblaciones y se han dejado de lado comunidades que se encuentran a los alrededores de las ciudades o alejados de ellas, estos sistemas convencionales por lo general y por la calidad que brindan son costosos debido a las tecnologías que se usan, ya que al tener que atender grandes poblaciones de igual forma estos sistemas tienen que tener la capacidad para satisfacer las necesidades de la población. Es por esto por lo que se han propuesto sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas que sean integrados y sostenibles.

⁴ (Valencia, 2000)

Actualmente la tecnología y las diferentes investigaciones realizadas por varias entidades a nivel mundial, han hecho que se descubran otros sistemas para la limpieza del agua, haciendo que más personas puedan acceder a lo que alguna vez vieron muy lejano e imposible de obtener, haciendo que en muchas ocasiones puedan cambiar su nivel de vida, a continuación se muestran una serie de tratamientos para la limpieza del agua algunos de ellos muy conocidos y otros no tan conocidos por las personas.

2.2.1. Desinfección por Cloro

Primero que todo es importante saber que este tipo de tratamiento puede desinfectar el agua pero no lo purifica por completo ya que este no es capaz de eliminar todas aquellas partículas sólidas que puede contener al agua, este sistema funciona mediante la aplicación una concentración de cloro en el agua. El cloro aplicado en al agua se encarga de reducir y eliminar los diferentes tipo de microorganismos como bacterias y virus que se pueden encontrar en el agua.

2.2.2. Suavización

La dureza en el agua se presenta debido a los altos índices de concentración de algunos iones metálicos, además de presentar algunas afectaciones en el pH, su alcalinidad y temperatura. Para el tratamiento de limpieza del agua por suavización usualmente se usa una resina de intercambio iónico, la cual presenta cargas negativas siendo capaces de intercambiar iones en un líquido. Esta resina es formada por una matriz polimérica formada por una serie de esferas sintéticas.

2.2.3. Ozonización

Usualmente este método es usado cuando el agua ya está tratada, su proceso consiste en el paso por una cámara al cual se le aplica cierta carga eléctrica capaz de romper el enlace que forma O_2 haciendo que se reformen las moléculas de oxígeno y se reagrupan formando O_3 . Este método es usado para la desinfección y protección con las bacterias luego de la cloración.

Ósmosis inversa

Este tipo de tratamiento es usado cuando se presentan altos índices de salinidad en el agua, este método consiste en hacer pasar el agua con una presión muy alta

mediante una membrana porosa la cual puede atrapar el 99% de las sales contenidas en el líquido. Algunos de los tipos de membranas pueden ser de agua salobre, alto rechazo, alta productividad entre otras, cada una opera de manera distinta, su operación está en función del tipo de materiales que la conforman, ya que le pueden otorgar diferentes capacidades.

2.2.4. Carbón Activado

Este tipo de limpieza del agua consiste en el paso del agua por una capa de este compuesto, este es capaz de absorber diferentes tipos de compuestos orgánicos que podrían llegar a ser tóxicos, presentando algunos cambios físicos químicos en el agua como el sabor, el color o el olor. Este debe ser cambiado frecuentemente ya que se puede presentar un gran crecimiento bacteriano debido a todos los compuestos que quedan atrapados en él.

Es importante desarrollar un poco más a fondo en qué consisten cada uno de los procedimientos para tratar el agua que se van a utilizar en el trabajo.

2.2.5. Sedimentación

La sedimentación es un proceso que consiste en la remoción de partículas que se encuentran suspendidas en un cuerpo de agua gracias a la fuerza de la gravedad, es bien conocida también como clarificación o espesamiento. Este proceso se puede clasificar de dos formas, la sedimentación simple y la sedimentación después de la coagulación y/o floculación. La primera hace referencia a la remoción de los sólidos sedimentables antes de la coagulación también conocida como pre-sedimentación y la segunda es la que se encarga de remover los sólidos suspendidos que se han formado químicamente por la aplicación de un coagulante en el proceso de floculación. *“Se usa principalmente para remover sólidos suspendidos sedimentables, tratamiento primario, y para la remoción de material orgánico y biomasa preformada en los sistemas de tratamiento secundario y para espesamiento de lodos”*.⁵

⁵ (Valencia, Teoría y práctica de la purificación del agua 3ra Edición Tomo 1, 2000)

2.2.6. Tipos de Sedimentación

De la manera que se genere la sedimentación se clasifica según la naturaleza de los sólidos, la concentración y el grado de floculación. Es importante tener en cuenta que en el agua se pueden encontrar partículas discretas y floculantes, la primera se refiere a las partículas que no cambian su forma, tamaño y peso cuando se sedimentan, y la segunda también llamada partícula precipitante se caracteriza ya que su densidad y volumen cambia a medida que interactúan unas con otras adhiriéndose en los mecanismos de floculación. Por lo tanto, se tiene los siguientes tipos de sedimentación.

2.2.7. Sedimentación Discreta

Como su nombre lo dice es la sedimentación de partículas discretas que se caracterizan por mantener su forma, tamaño y peso durante el proceso como se mencionaba anteriormente, es conocida por el nombre de sedimentación libre ya que no hay interferencia entre partículas y está en función de las propiedades del líquido y de la partícula.

2.2.8. Sedimentación Floculante

En este tipo de sedimentación se tienen en cuenta las partículas floculantes que se encuentran en suspensión diluidas en el fluido, es importante estudiar las propiedades floculantes y su asentamiento, la velocidad de sedimentación aumenta debido a que la unión entre partículas genera mayor fuerza de gravedad. *“Este tipo de sedimentación está precedida de un proceso de coagulación y es normalmente usada en aguas residuales”⁶.*

2.2.9. Sedimentación Zonal

Este tipo de sedimentación corresponde a las partículas que se encuentran suspendidas en concentraciones intermedias de material floculante, lo cual conlleva a que las interacciones entre partículas formen matrices porosas que son soportadas por el fluido que mueven y se generen asentamientos que desplazan hacia el fondo la masa de partículas creando así una interface clara de separación entre el agua pura y el material lodoso.

⁶ (Rojas, 1999)

2.2.10. Sedimentación por Compresión

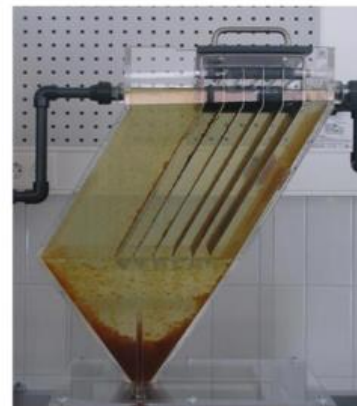
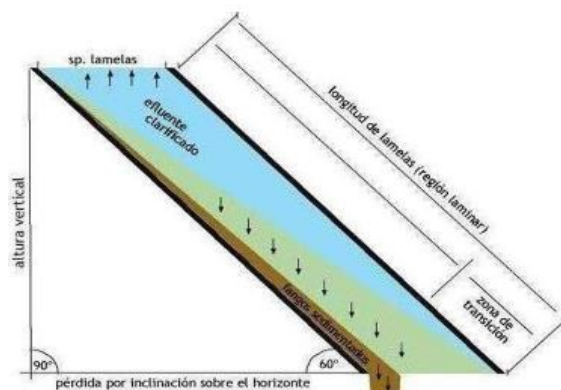
“Ocurre cuando la concentración aumenta a un valor en que las partículas están en contacto físico una con otras y el peso de ellas es sostenido parcialmente por la masa compactada. Se presenta en operaciones de espesamiento de lodos cuando las partículas se acumulan en el fondo del tanque de sedimentación; su peso es soportado por la estructura de la masa en compactación y el asentamiento es función de la deformación de las partículas o flóculos.”⁷ Como se describe anteriormente este tipo de sedimentación ocurre cuando se generan demasiadas partículas y estas se unen generando una masa la cual cae al fondo debido al aumento de su peso y con la ayuda de la gravedad.

2.2.11. Sedimentador de alta tasa

“Este tipo de sedimentador se caracteriza por tener poca profundidad, por lo cual sus elementos son de igual forma poco profundos, los módulos de tubos pueden ser cuadrados, circulares, hexagonales y octogonales, de placas planas paralelas, de placas onduladas, etc., en tanques poco profundos con tiempos de retención menores de 15 minutos.”⁸

En este tipo de sedimentadores generalmente se trabaja con flujo laminar, su velocidad no es uniforme lo que quiere decir que las trayectorias de las partículas no son lineales como las presenta el modelo ideal de camp.

Ilustración 1 Sedimentador de alta tasa



Fuente {En línea}. {Consultado el 15 de septiembre de 2019}. Disponible en <https://docplayer.es/13194892-Sedimentadores-de-alta-tasa-aplicados-al-tratamiento-de-agua-potable.html>

⁷ (Rojas, 1999)

⁸ (Valencia, Teoría y práctica de la purificación del agua 3ra Edición Tomo 1, 2000)

2.2.12. Filtración

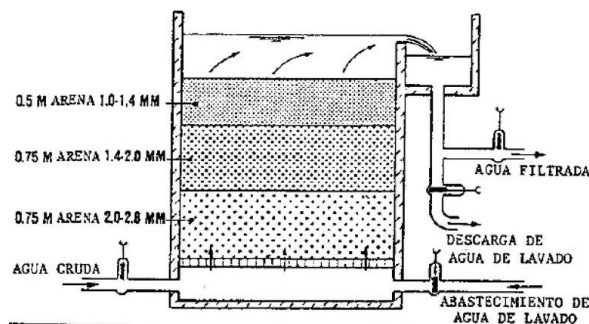
Este proceso es de gran importancia ya que para poder suministrar agua clara y cristalina a la comunidad se debe realizar. Si bien procesos como la floculación y sedimentación remueven la turbiedad y el color en un 90%, el porcentaje restante pasa del tanque de sedimentación y por lo tanto necesita ser removido mediante la filtración o también llamada clarificación que consiste en generar un medio poroso que retiene la mayor cantidad de partículas.

La filtración depende de una serie de mecanismos de remoción que pueden ser físicos o químicos y se pueden clasificar así:

- Cribado (Mecánico o por oportunidad de contacto)
- Sedimentación
- Impacto inercial
- Intercepción
- Adhesión
- Adsorción química (de enlace y interacción química)
- Adsorción Física (Fuerzas electrostáticas, electrocinéticas y de Vander Wall)
- Floculación
- Crecimiento biológico

Existen varios sistemas de filtración estos se pueden clasificar por “la dirección de flujo, el tipo de lecho filtrante, la fuerza impulsora, la tasa de filtración y el método de control de la tasa de filtración.”⁹ El filtro propuesto se clasifica principalmente por su flujo ascendente.

Ilustración 2 Filtro de flujo ascendente



Fuente {En línea}. {Consultado el 06 de junio de 2020}. Disponible en <https://docplayer.es/23263254-Capitulo-3-potabilizacion-de-aguas.html>

⁹ (Valencia, Teoría y práctica de la purificación del agua 3ra Edición Tomo 2, 2000)

2.2.13. Enfermedades producidas por falta de la potabilización del agua.

Para finalizar es importante conocer las enfermedades que se derivan del consumo de agua sin ningún tipo de tratamiento de limpieza.

Existen cinco principales fuentes infecciosas vinculadas con el agua que producen enfermedades en el mundo:

Transportadas por el agua

Son las enfermedades que se generan al momento de consumir alimentos que fueron preparados con aguas contaminadas, entre las más comunes se encuentra la tifoidea, cólera, disentería, gastroenteritis y hepatitis. La contaminación de estas fuentes de agua suele ser por desechos humanos y animales. Este tipo de enfermedades generan diarrea severa, fiebre, calambres, náuseas, pérdidas de peso y deshidratación.

Arrastradas por el agua

Son las enfermedades causadas por la deficiente higiene personal que resulta de un inadecuado acceso a este recurso. Entre las más comunes encontramos la Shigella que causa la sarna, el tracoma, treponematosis, lepra, conjuntivitis, infecciones y úlceras de la piel.

Acuáticas

“Las enfermedades acuáticas son transmitidas por organismos acuáticos, como los gusanos o lombrices. Estos pueden penetrar la piel si se usa agua contaminada para la limpieza o para bañarse. Los gusanos de Guinea pueden ingresar al cuerpo por medio de agua potable contaminada.”¹⁰

Por vectores de insectos acuáticos

Estas enfermedades se propagan por medio de insectos, los cuales generalmente provienen de hábitats como lagos, lagunas, pozos donde el agua es quieta. Entre las enfermedades que se encuentran por este tipo de propagación están la malaria, filariosis, fiebre amarilla y ceguera de río.

¹⁰ (SCIENCES, 2007)

Prácticas sanitarias Deficientes

Básicamente este tipo de enfermedades como su nombre lo indica son el resultado de la deficiencia en las condiciones de saneamiento, estas se contraen por contacto con el suelo, lo cual pasa comúnmente al caminar descalzo en suelos donde no existan medios adecuados para la eliminación de desechos humanos.

2.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance de este proyecto es construir un sedimentador de alta tasa y un filtro de flujo ascendente, el cual haga un tratamiento básico a aguas tomadas y consumidas de fuentes naturales con el fin que estas cumplan con las propiedades físicas de un agua limpia apta para el consumo humano, ya que de esta manera se pretende evitar algún tipo de inconveniente que se pueda llegar a presentar por no usar un agua totalmente limpia.

El diseño y construcción se llevó a cabo durante el periodo comprendido entre la aprobación de este documento por parte de la facultad y la entrega, sustentación perteneciente al periodo académico 2020-1. Dicho prototipo fue proyectado para los vendedores que conforman la Asociación del Cerro de Guadalupe.

Es importante también tener en cuenta el presupuesto con el que se realizó el prototipo, así como las facilidades que nos brindó la asociación como permisos para realizar visitas y hacer la socialización del proyecto, por lo cual se realizó una carta dirigida a la presidenta de la asociación de vendedores del cerro para tener la aprobación de poder realizar el proyecto allí, la cual está adjunta como anexo al documento (ver anexo 1).

2.4. METODOLOGÍA

- Fase 1: Determinación de la población a beneficiar con el proyecto.
- Fase 2: Revisión del caudal de captación aprobado por parte de la Corporación Autónoma Regional CAR.
- Fase 3: Recopilación de información técnica y teórica para la realización del diseño del sedimentador de alta tasa.
- Fase 4: Recopilación de información técnica y teórica para la realización del diseño del filtro de flujo ascendente.
- Fase 5: Diseño del prototipo planteado.
- Fase 6: Creación de planos constructivos.
- Fase 7: Construcción del prototipo diseñado.
- Fase 8: Capacitación mediante charlas y manuales tipo folleto para la instalación y mantenimiento del prototipo.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. POBLACIÓN BENEFICIADA

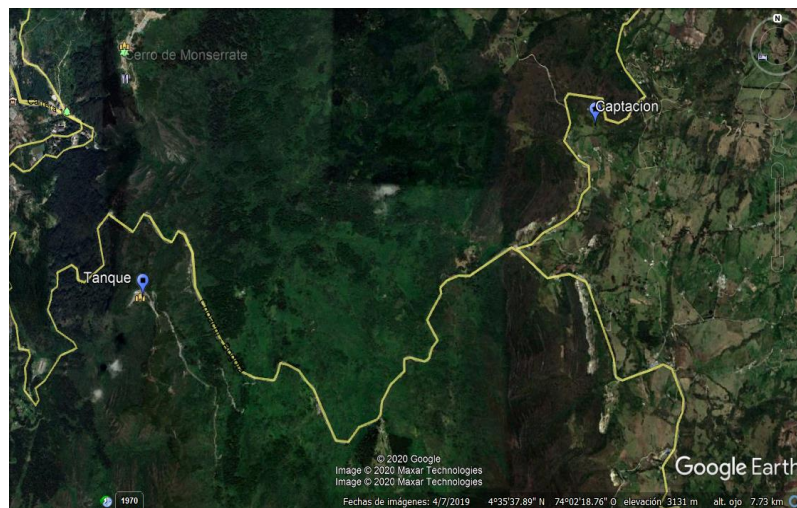
Para la determinación de la población a suplir se utilizó la información suministrada por la Sra. Gladys Rico la cual es la actual presidenta de la **“ASOCIACIÓN DE VENDEDORES DEL CERRO DE GUADALUPE”**, siendo un total de 60 vendedores los usuarios que se les prestara el servicio con este tratamiento básico de limpieza.

Ya que el uso de agua no es constante debido a que solamente se comercializa los días domingo generando la mayor demanda, se llena un tanque de 5000 litros, el cual es llenado durante los días viernes y sábado de cada semana, para ellos el agua se trasporta desde al sitio de la captación hasta donde se encuentra localizado el tanque de almacenamiento en la parte alta de Cerro de Guadalupe.

3.2. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE CAPTACIÓN Y DE TANQUES

La captación se realiza en la vereda El Verjón la cual fue la encargada de hacer el trámite ante la CAR, desde allí es captada. Luego de realizar la captación es llevada por un vehículo hasta la zona del tanque la cual se encuentra en la parte alta del Cerro de Guadalupe, en la parte posterior de la iglesia. De allí se realiza la distribución para cada uno de los “módulos” de cada uno de los comerciantes que usan el servicio.

Ilustración 3 Localización General



Fuente Google Earth

En la imagen anterior se muestra la localización de donde se va a localizar el prototipo y el tanque donde los vendedores del Santuario de Guadalupe hacen su distribución.

3.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL A TRATAR

Se cuenta con una concesión de agua emitida por la Corporación Autónoma Regional CAR, en la cual aprueba un caudal de captación de 0.17 l/s como se muestra en la siguiente imagen, ya que la zona de captación se encuentra dentro de la vereda el Verjón, esta fue tramitada y solicitada por la junta de acción comunal de esta vereda.

Ilustración 4 Asignación del caudal

CAR
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR
Dirección Regional Bogotá D.C. - La Calera
República de Colombia

RESOLUCIÓN DRBC No. 0222 de 28 JUL. 2017

POR LA CUAL SE OTORGA CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES

ARTÍCULO 2: Otorgar a favor de la JUNTA DE ACCION COMUNAL VEREDA EL VERJON, identificada con NIT N°. 900.100.481-3, por medio de su representante legal, concesión de aguas superficiales, para ser derivada de las fuentes hídricas denominadas por la solicitante como Quebrada Farias (según la cartografía CAR Quebrada Furias) y quebrada Gallinas, para uso doméstico, como se indica a continuación:

Caudal a otorgar de la quebrada Farias (Furias)

Uso	Caudal a otorgar (l/s)	Caudal a otorgar (m3/día)	Caudal a otorgar (m3/mes)
Uso Doméstico	0.17	15	441
Caudal Total	0.17	15	441

Caudal a otorgar de la quebrada Gallinas

Uso	Caudal a otorgar (l/s)	Caudal a otorgar (m3/día)	Caudal a otorgar (m3/mes)
Uso Doméstico	0.17	15	441
Caudal Total	0.17	15	441

Fuente Resolución 0222 de 28 de Julio de 2017 asignación del caudal para la captación

3.4. Consideraciones para el diseño

Para el diseño de nuestro sedimentador aparte del caudal de diseño se deben considerar otros criterios generales para su funcionamiento, a continuación, se muestran algunos de los criterios considerados para el diseño:

- Número de Reynolds < 500
- El sedimentador debe tener una carga superficial entre 120 y 185 $m^3/m^2/día$.
- Separación entre placas para el diseño es de 0,05 m.
- La inclinación de las placas 60° , esta se considera a partir de la horizontal.
- Una temperatura media de $18^\circ C$, a partir de dicha temperatura las características para el agua son:

$$\mu = 1.054 \times 10^{-3} \text{ (N*s/m}^2\text{)}$$

$$\rho = 998.68 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\nu = \mu / \rho$$

$$\nu = 1.055 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{/s)}$$

3.5. DISEÑO DEL SEDIMENTADOR

3.5.1. Diseño de la Zona de Sedimentación.

La zona de sedimentación es la encargada de la decantación y suspensión de los sólidos disueltos que quedan luego del paso del agua. El espesor de las placas es considerado de 0,008 m, una longitud de placas de 0,2 m, una velocidad de sedimentación de $40 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{día}$, estos datos se tomaron según la norma 0330 de 2017, y un ancho del sedimentador de 0,25 m.

- La separación horizontal de las placas se calcula de la siguiente manera:

$$e' = \frac{d}{\sin \theta}$$

Donde:

e' : Separación Horizontal entre las placas (m).

d : Espaciamiento entre placas (m).

θ : Ángulo de inclinación de las placas ($^\circ$).

$$e' = \frac{0,05 \text{ m}}{\text{sen } 60^\circ} \quad e' = 0,058 \text{ m}$$

- La longitud útil de las placas:

$$lu = l - e' * \cos \theta$$

Donde:

lu : Longitud útil de las placas (m).

l : Longitud módulo de placas (m).

$$lu = 0,2 - 0,058 * \cos 60^\circ \quad lu = 0,17 \text{ m}$$

- La longitud relativa se determina mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{lu}{d}$$

Donde:

L : Longitud relativa.

$$L = \frac{0,17 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \quad L = 3,42 \text{ m}$$

- El coeficiente del módulo de placas es:

$$f = \frac{\text{sen } \theta (\text{sen } \theta + L * \cos \theta)}{S}$$

Donde:

f : Coeficiente del módulo de placas.

S : Módulo de eficiencia de placas. (Para placas planas $S = 1$)

$$f = \frac{\sin 60^\circ (\sin 60^\circ + 3,42 * \cos 60^\circ)}{1} \quad f = 2,23$$

- El área total que debe cubrirse, en el plano horizontal, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{Q}{f * V_s}$$

Donde:

A_s : Área superficial del sedimentador (m^2).

Q : Caudal de diseño (m^3/s).

V_s : Velocidad de sedimentación de la partícula ($40 m^3/m^2 \cdot día$).

$$A_s = \frac{0,00017 m^3/s}{2,23 * 40 m/día} * 86.400 \quad A_s = 0,16 m^2$$

- El número total de canales formados por las placas se calcula así:
-

$$N = \frac{A_s * \sin \theta}{B * d}$$

Donde:

N : Número de canales.

B : Ancho útil del sedimentador (m).

$$N = \frac{0,16 m^2 * \sin 60^\circ}{0,25 m * 0,05 m} \quad N = 12$$

- La longitud del sedimentador es:

$$LT = l * \cos \theta + \left[\frac{N * d + (N + 1) * e}{\sen \theta} \right]$$

Donde:

LT : Longitud total del sedimentador (m).

$$LT = 0,2 * \cos 60^\circ + \left[\frac{12 * 0,05 \text{ m} + (12 + 1) * 0,006 \text{ m}}{\sen 60^\circ} \right] \quad LT = 0,82 \text{ m}$$

- La velocidad del sedimentador es:

$$V_o = \frac{Q}{A_s * \sen \theta}$$

Donde:

V_o : Velocidad media del flujo ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{día}$).

$$V_o = \frac{0,00017 \text{ m}^3/\text{s}}{0,16 \text{ m}^2 * \sen 60^\circ} * 86.400 \quad V_o = 103.09 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$$

- El radio hidráulico es:

$$RH = \frac{b * d}{2 * (b + d)}$$

Donde:

RH : Radio hidráulico del módulo de placas (m).

b : Ancho del módulo de placas (m).

$$RH = \frac{0.25 \text{ m} * 0.05 \text{ m}}{2 * (0.25 \text{ m} + 0.05 \text{ m})} \quad RH = 0,021 \text{ m}$$

- El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{4 * RH * V_o}{\mu_c}$$

Donde:

Re : Número de Reynolds.

μ_c : Viscosidad cinemática (m²/s).

$$Re = \frac{4 * 0,021 \text{ m} * 103.09 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{dia}}{1.055 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} * 86.400} \quad Re = 94.22$$

- Tiempo de retención del sedimentador así:

$$t_R = \frac{N * B * lu * d}{Q}$$

Donde:

t_R : Tiempo de retención (min).

$$t_R = \frac{12 * 0,25 \text{ m} * 0,17 \text{ m} * 0,05 \text{ m}}{0,00017 \text{ m}^3/\text{s} * 60} \quad t_R = 2,52 \text{ min}$$

- Profundidad total del sedimentador:

Altura de agua sobre las placas	0.10 m
Espacio vertical ocupado por las placas	0.15 m
Espacio libre debajo de las placas	0.10 m

3.5.2. Diseño de la Zona de Entrada

Esta zona se encarga de distribuir el caudal de una manera uniforme a lo largo de la zona longitudinal del sedimentador, empleando tubería de PVC con perforaciones. Para tal fin se debe calcular la relación entre el diámetro de la tubería y los orificios con criterios de distribución uniforme.

- El cálculo del área del orificio (A_o) se halla de la siguiente manera:

$$A_o = \frac{\pi D^2}{4}$$

Donde:

A_o : Área del orificio (m^2).

D : Se asume este diámetro de orificio ya que sería la mitad aproximada del diámetro de la tubería.

$$A_o = \frac{\pi(0,01)^2}{4}$$

$$A_o = 7,85 \times 10^{-5} m^2$$

Para definir los criterios de distribución uniforme en la tubería, se tomó el largo del sedimentador menos 0,08 m lo cual nos da una longitud de tubería de 0,74 m, con una separación de 0,05 m entre orificios, un diámetro de orificios de 0,01 m, y un diámetro de la tubería de distribución de 0,01905 m (3/4").

- El cálculo del número de orificios se realiza así:

$$n = \frac{LT}{e} - 1$$

Donde:

n : Número de orificios en el tubo de distribución.

e : Separación de los orificios (m).

$$n = \frac{0,74 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} - 1$$

$$n = 14$$

- A continuación, se calcula el área total de orificios (AT_o):

$$AT_o = 14 * A_o$$

Donde:

AT_o : Área total de orificios (m^2).

$$AT_o = 1,099 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

- La velocidad en los orificios (VL):

$$VL = \frac{Q}{AT_o}$$

Donde:

VL : Velocidad de los orificios (m/s).

$$VL = \frac{0,00017 \text{ m}^3/s}{7,07 \times 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$VL = 0,154 \text{ m/s}$$

- El caudal por orificio es:

$$q_o = \frac{Q}{n}$$

Donde:

q_o : Caudal por orificio (m^3/s).

$$q_o = \frac{0,00017 \text{ m}^3/s}{15}$$

$$q_o = 1,21 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

- El área en la tubería de distribución es:

$$A_p = \frac{\pi * D_p^2}{4}$$

Donde:

A_p : Área de la tubería de distribución (m^2).

D_p : Diámetro de la tubería de distribución (m).

$$A_p = \frac{\pi * (0,019 \text{ m})^2}{4} \qquad A_p = 2,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

- La velocidad en la tubería de distribución es:

$$V_c = \frac{Q}{A_p}$$

Donde:

V_c : Velocidad en la tubería de distribución (m/s).

$$V_c = \frac{0,00017 \text{ m}^3/s}{2,85 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \qquad V_c = 0,599 \text{ m/s}$$

- El coeficiente de pérdida de carga total está dado por la siguiente expresión:

$$\beta = 1 + \theta + \left(\frac{V_c}{V_L} \right)^2$$

Donde:

La Pérdida de carga debida a la disipación de energía es igual a 1 como se indica en la formula

β : Coeficiente de pérdida de carga total.

θ : Coeficiente de pérdida de carga en la entrada. En canales cortos el valor es de 0,7.¹¹

$$\beta = 1 + 0,7 + \left(\frac{0,599 \text{ m/s}}{0,154 \text{ m/s}} \right)^2 \quad \beta = 16,73$$

- Las pérdidas en los orificios de la tubería de distribución de la siguiente manera:

$$h_f = \frac{\beta * VL^2}{2 * g}$$

Donde:

h_f : Pérdida en los orificios (m).

g : Gravedad (m/s^2).

$$h_f = \frac{16,73 * (0,154 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \quad h_f = 0,341 \text{ m}$$

3.5.3. Diseño del filtro de flujo ascendente

Para el sistema básico de tratamiento se diseñará un filtro simple de flujo ascendente en la parte superior del sedimentador, el cual contiene un falso fondo, un lecho de soporte (grava) y un lecho fluidizado (arena de río). Para la determinación del peso del material a utilizar se tomaron como referencia los datos del proyecto final de plantas como anteriormente se mencionó en la introducción, ya que no fue posible realizar los debidos laboratorios, se utilizó ese material que ya tenía definido estos valores, con los cuales se hizo el diseño del lecho filtrante.

Se presentan imágenes del material que se utilizó y del proceso de tamizado, con la tabla donde se registró el valor en peso del material retenido en 4 de los tamices.

¹¹ (Vargas, 2004)

Foto 1 Material granular



Fuente propia

Foto 2 Tamizado



Fuente propia

Tabla 6 Granulometría

GRANULOMETRÍA		
TAMIZ (#)	TAMIZ (mm)	PESO (g)
10	2,00	2237,65
40	0,425	4063,20
80	0,18	1276,09
200	0,075	193,26

Fuente propia

Es importante mencionar que solo se trabajó con el material retenido en los tamices #10 y #40, ya que el material de los otros tamices era muy fino.

Se decidió diseñar un filtro cuadrado acorde al ancho útil del sedimentador, el cual tiene un área superficial de:

$$A_S = B^2 = (0,25 \text{ m})^2$$

$$A_S = 0,063 \text{ m}^2$$

Se calcula la tasa de filtración, de la siguiente manera:

$$TF = \frac{Q}{A_S} = \frac{0,00017 \text{ m}^3/\text{s}}{0,063 \text{ m}^2} * 86.400 \text{ s/dia}$$

$$TF = 233,14 \text{ m/dia}$$

A continuación, se calcula el volumen ocupado por el lecho filtrante:

$$V = \frac{m}{\gamma}$$

Donde:

V: Volumen del lecho filtrante (m^3)

m: Masa del material – arena de río lavada (kg).

γ : Densidad de la arena de río lavada (1.600 kg/m^3).¹²

$$V = \frac{6,3 \text{ kg}}{1.600 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 0,004 \text{ m}^3$$

La altura del lecho filtrante está dada por la siguiente expresión:

$$L = \frac{V}{A_S} = \frac{0,004 \text{ m}^3}{0,063 \text{ m}^2}$$

$$L = 0,063 \text{ m}$$

¹² (Arid Garcia, 2019)

4. RESULTADOS

4.1. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo diseñado consta de la realización de dos procesos fundamentales para el tratamiento del agua, la sedimentación y la filtración, posterior al diseño se generó un plano (Ver Anexo 2) en el cual se muestran las dimensiones determinadas mediante los cálculos realizados con anterioridad, a continuación se presenta el paso a paso de la construcción del prototipo, con imágenes tomadas del modelado del mismo en el programa Sketchup.

4.1.1. Descripción del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente

Ilustración 5 Modelo del prototipo

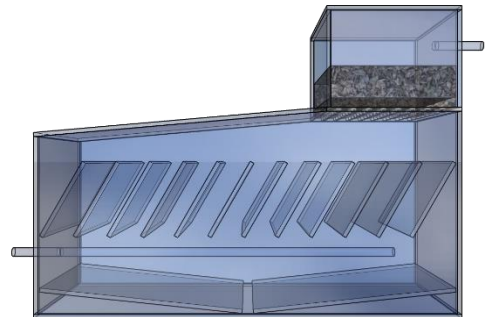
Dimensiones efectivas del sedimentador:

Alto: 0.37 m

Ancho: 0.25 m

Largo: 0.829 m

Volumen: 0.07668 m³



Fuente propia

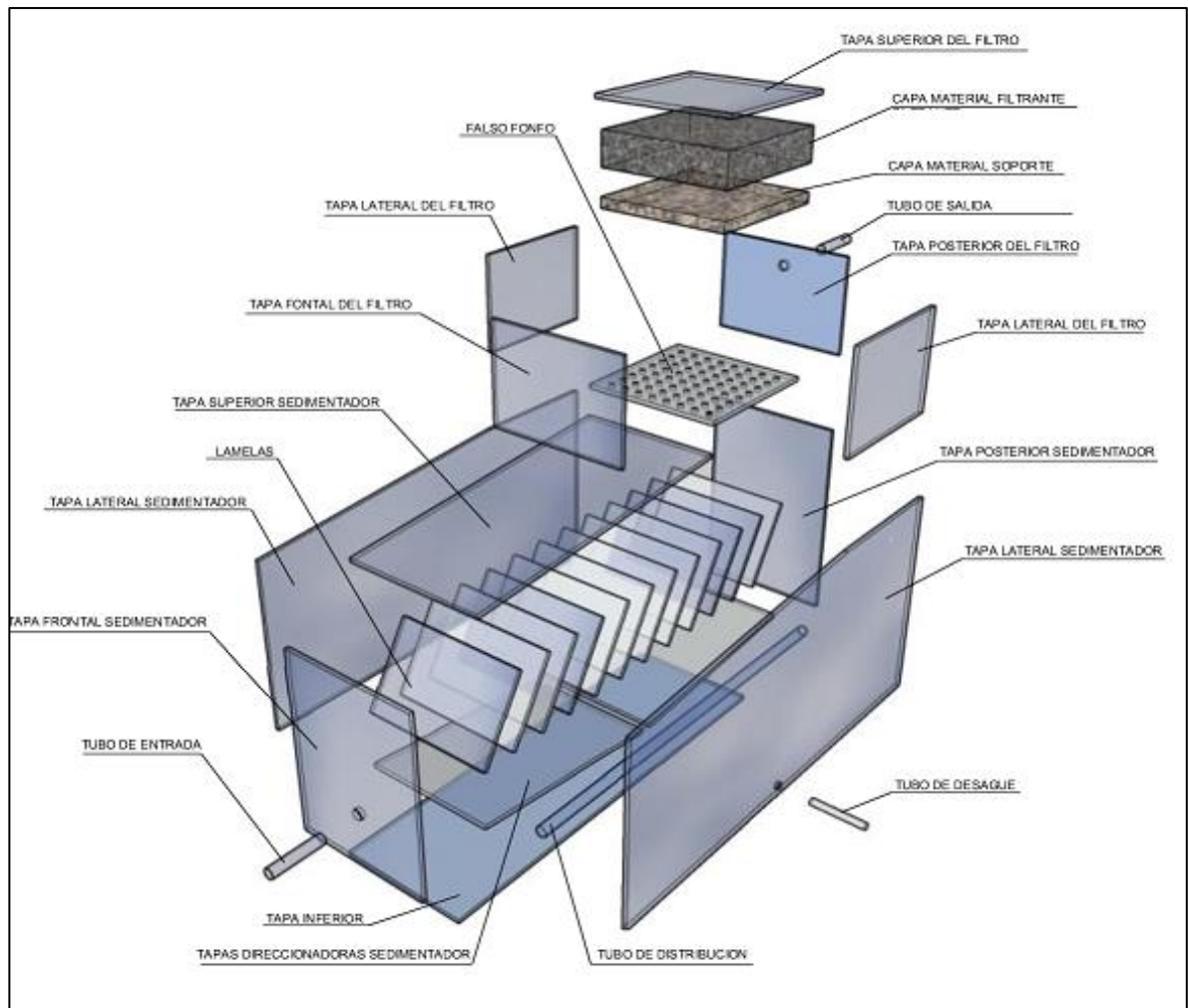
El sedimentador de alta tasa y filtro ascendente fabricado en acrílico traslucido está formado por 26 piezas de diferentes dimensiones una de ellas permite la entrada del agua y también distribuye la misma por medio de un tubo perforado cada 5 cm según el cálculo, otra de las piezas permite la salida del agua en la parte superior del prototipo como se muestra en la Ilustración 5, el filtro se encuentra en la parte superior del prototipo y está compuesto por dos capas, una capa de grava con un espesor de 2 cm ya que este funciona como material de soporte y otra capa de arena de un espesor de 6.3 cm que funciona como material filtrante, estas capas están soportadas por una lámina que tiene 64 orificios los cuales permiten el paso del agua, esta funciona como el falso fondo del filtro. De las 26 piezas del prototipo 12 de ellas se encuentran inclinadas a 60° las cuales llamamos lamelas, estas cumplen la función de contener las partículas que tiene el agua y las sedimenta de

tal manera que caen al fondo del prototipo y se redirigen hacia el centro con la ayuda de dos placas inclinadas a 6° con el fin de retirar las partículas producto de la sedimentación.

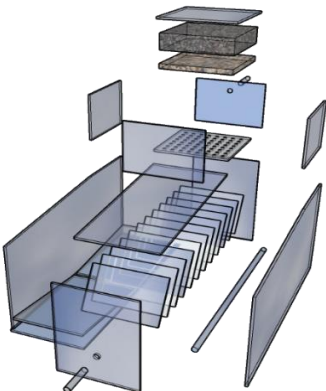
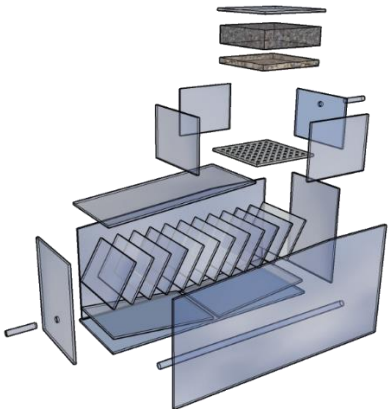
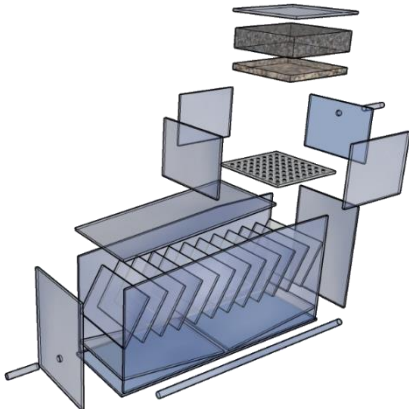
4.1.2. Proceso de construcción

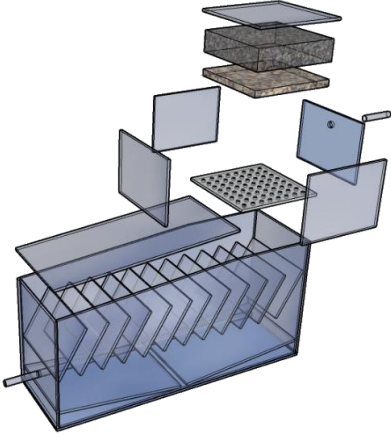
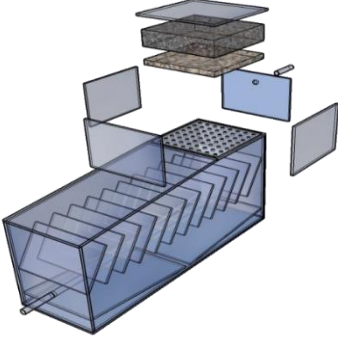
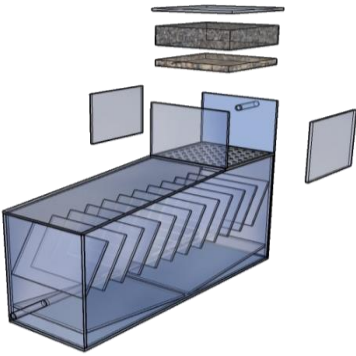
Inicialmente se presentan cada una de las piezas debidamente nombradas, las cuales son producto de los cálculos previos, teniendo en cuenta el armado del prototipo se logró que fuera hermético y quedara muy bien soportado, ya que aunque es un solo prototipo las piezas están separando los dos procesos.

Ilustración 6 Despiece del Prototipo



Fuente propia

<p>Primero se adhiere a la tapa inferior del prototipo una de las tapas laterales del sedimentador, que es donde se van a fijar con las correspondientes medidas las dos laminas que van a conducir los sedimentos.</p>	<p>Ilustración 7 Armado del prototipo paso 1</p>  <p>Fuente propia</p>
<p>Ilustración 8 Armado del prototipo paso 2</p>  <p>Fuente propia</p>	<p>Luego se ubican las 12 lamelas con su debida inclinación sobre los soportes que se adecuaron para hacer más fácil el retiro de ellas cuando se haga el debido mantenimiento</p>
<p>Teniendo ubicadas las lamelas y las láminas inclinadas del fondo, colocamos la tapa lateral del sedimentador que faltaba la cual tendrá el orificio de desagüe del sedimentador.</p>	<p>Ilustración 9 Armado del prototipo paso 3</p>  <p>Fuente propia</p>

<p>Ilustración 10 Armado del prototipo paso 4</p>  <p>Fuente propia</p>	<p>Se procede a ubicar el tubo de entrada y el tubo que va a distribuir el agua dentro del sedimentador esto en la tapa frontal del sedimentador, luego de tener esta configuración se adhiere para asegurar que tenga el espacio exacto según el diseño, de igual forma lo hacemos con la tapa posterior del sedimentador.</p>
<p>Teniendo casi completamente adherida el área de sedimentación procedemos a tapar la zona inclina, tapa que será removible para mantenimiento, y el falso fondo que soportará las paredes del filtro y el material del mismo.</p>	<p>Ilustración 11 Armado del prototipo paso 5</p>  <p>Fuente propia</p>
<p>Ilustración 12 Armado del prototipo paso 6</p>  <p>Fuente propia</p>	<p>Luego se inicia con el armado del filtro colocando la tapa frontal y posterior, en esta última se le adecua el tubo de salida por el cual saldrá el agua más limpia.</p>

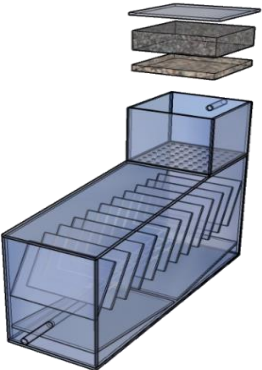
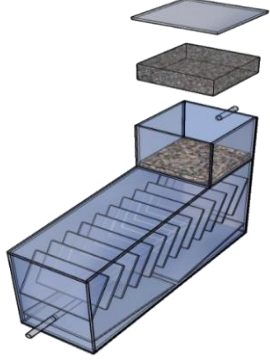
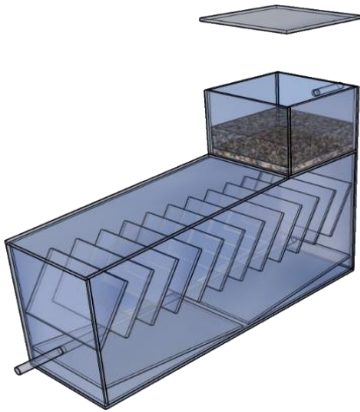
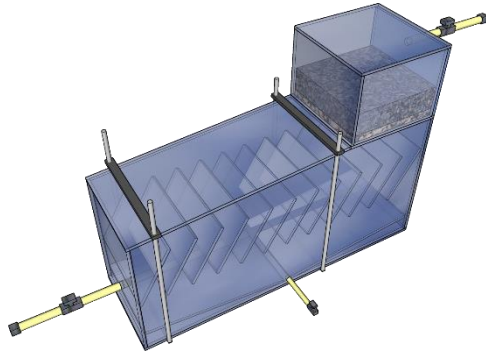
<p>Continuamos colocando las tapas laterales del filtro ubicándolas exactamente en la posición que se dejó asignada dejando un cuadrado perfecto.</p>	<p>Ilustración 13 Armado del prototipo paso 7</p>  <p>Fuente propia</p>
<p>Ilustración 14 Armado del prototipo paso 8</p>  <p>Fuente propia</p>	<p>Teniendo ya como base el falso fondo y las paredes del filtro armadas se procede a colocar el material soporte el cual debe estar previamente lavado, este material es una grava de $\frac{1}{2}$", y tiene una capa de 2 cm de espesor. Se debe dejar la capa a nivel.</p>
<p>Luego de colocar la capa de material soporte procedemos a colocar la última capa, se recomienda arena de río lavada. Se debe dejar la capa a nivel.</p>	<p>Ilustración 15 Armado del prototipo paso 9</p>  <p>Fuente propia</p>

Ilustración 16 Armado del prototipo paso 10

4







Fuente propia

A continuación, se presentan los soportes con los cuales se va a realizar el sellado de la tapa del área de sedimentación, esta tapa lleva un empaque para que el prototipo quede hermético.

Adicionalmente se ubicarán registros a la entrada, salida y desagüe del prototipo, permitiendo el paso del agua; para efectos de la instalación se colocaron uniones universales, con el fin de que se puedan hacer diferentes conexiones según amerite el caso.

4.1.3. Perspectivas del prototipo terminado

<p>Foto 3 Vista en planta</p>  <p>Fuente propia</p>	<p>Foto 4 Vista frontal</p>  <p>Fuente propia</p>
<p>Foto 5 Vista frontal</p>  <p>Fuente propia</p>	<p>Foto 6 Vista lateral</p>  <p>Fuente propia</p>

4.1.4. Costos de construcción

Tabla 7 Costos de construcción

ÍTEM	VALOR
Lamina de acrílico 1.90X1.20 espesor 8mm	\$396.000
Corte con sierra eléctrica	\$70.000
Pegante para acrílico 100 ml	\$10.000
Sistema de sellado	\$35.000
Accesorios para la entrada y salida del agua (incluye tubería)	\$58.000
Total	\$ 569.000

Fuente propia

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Debido a la contingencia presentada actualmente en el país no se pudo hacer uso de los laboratorios de la universidad por ende, se mostraran los resultados obtenidos en el ensayo final del prototipo de referencia que como se mencionó anteriormente tiene las características de diseño muy similares.

Tabla 8 Resultados de turbiedad

RESULTADOS FINALES TURBIEDAD		
MUESTRA #	TIEMPO	NTU
Antes del Sedimentador	0 min	21.90
1	1 min	22.00
2	2 min	17.00
3	3 min	13.20
4	4 min	10.30
5	5 min	5.22

Fuente Propia

A partir de los datos experimentales se calculó la eficiencia del sedimentador a los 5 minutos:

$$Ef = \frac{21,9 - 5,22}{21,9} * 100$$

$$Ef = 76,16 \%$$

6. SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD

Para el desarrollo del proyecto fue importante el acercamiento con la comunidad ya que ellos son los principales beneficiados con el prototipo diseñado, para ellos aparte del diseño y construcción del prototipo se les dará una serie de capacitaciones en las cuales con la asesoría que se les brindará puedan hacer la instalación, puesta en marcha y mantenimiento del prototipo suministrado.

Además de la capacitación se suministrarán unos folletos en los cuales se les brindará un paso a paso el cual les puede servir como material de apoyo para una posterior consulta o duda básica que pueda surgir, sin embargo, no se dejara de lado la asesoría constante que se pueda brindar técnicamente por parte de nosotros.

Como se mencionó anteriormente se planteó hacer una serie de reuniones con la comunidad con el fin de hacer la socialización del proyecto ya terminado, sin embargo debido a las circunstancias a las cuales nos enfrentamos hoy en día por la pandemia del “COVID 19”, y las restricciones establecidas por el gobierno nacional, consecuencias de la misma se pospusieron las visitas, sin embargo el objetivo principal es entregar el prototipo a la comunidad junto con los folletos, los cuales les puede servir de apoyo durante la manera la de la información acerca del proyecto mientras todo vuelve a la normalidad y podemos hacer las visitas.

La socialización con la comunidad se divide en tres partes importantes mostradas a continuación:

6.1. SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO

Durante el desarrollo de esta etapa se realizó una reunión con algunas personas de la comunidad de vendedores del cerro citadas por la presidenta de la asociación la señora Gladys Rico, el día 27 de febrero del presente año, dentro de los asistentes estuvieron tres representantes de la Corporación Autónoma Regional CAR, con el objetivo de resolver dudas acerca nuevos decretos que se estaban ejecutando, aprovechando la reunión ya citada decidimos presentar el proyecto ante la comunidad y resolver varias dudas acerca de los materiales que se podían utilizar para el prototipo.

En primera instancia nos presentamos ante la comunidad, ya que hasta ese momento solo habíamos estado en contacto con la presidenta de la asociación, con el objetivo de mostrar el proyecto, por qué se iba a realizar, y cuál iba a ser el resultado que se obtendría.

Se inició con una breve descripción del prototipo mencionando los procesos que se iban a implementar, los cuales han sido mencionados repetitivamente a lo largo del trabajo “sedimentación y filtración” procesos que juntos logran hacer la remoción en gran porcentaje de partículas sólidas que están en el agua, mostrando los beneficios al poner en marcha el prototipo ya que el agua como recurso natural base para la vida del ser humano entre más limpia se pueda adquirir, la probabilidad de enfermarse a causa de impurezas que pueda tener el agua será menor.

A continuación, se explicó cómo iba a ser el proceso desde la captación del agua hasta la entrega de la misma ya tratada y con mejor calidad.

6.1.1. Etapas del proceso del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente

El sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente está conformado por las siguientes etapas:

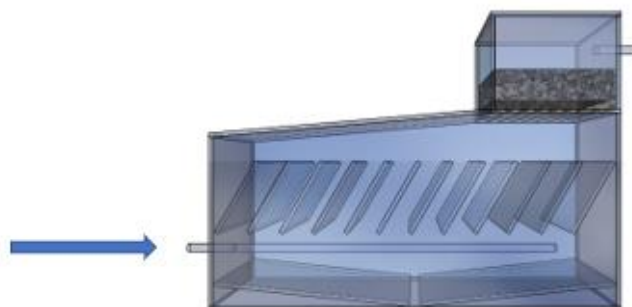
- Llenado.
- Sedimentación.
- Filtración.
- Entrega.

Llenado

En el proceso de llenado es importante mencionar el punto del cual se hace la captación de la concesión de agua otorgada por la CAR.

Desde allí el agua es captada por una bocatoma la cual almacena el agua en un tanque, desde este se hace la conducción del agua hasta el sedimentador con un caudal de 0.17 l/s garantizando el caudal de diseño del prototipo que es el otorgado por la CAR, en la parte interior del sedimentador el agua se distribuye simétricamente por 14 orificios que tiene el tubo de llenado.

Ilustración 17 Proceso de llenado del prototipo

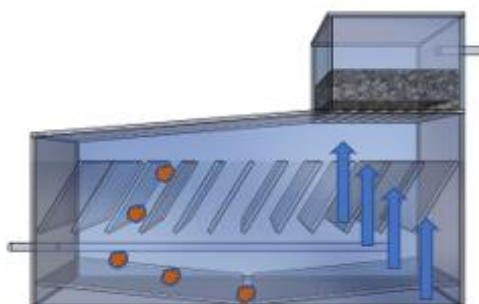


Fuente propia

Sedimentación

Este proceso inicia en el momento que el agua comienza a alcanzar el nivel de las lamelas ya que al estar inclinadas hacen que las partículas suspendidas que tiene el agua se decanten con más facilidad y posteriormente caigan al fondo del prototipo donde se encuentran las dos laminas que redireccionan estas partículas para su remoción, la cual se hará en el mantenimiento del prototipo.

Ilustración 18 Proceso de sedimentación

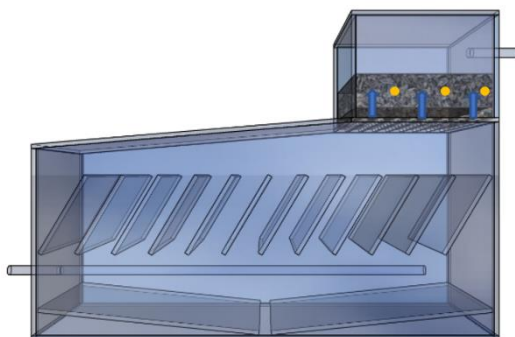


Fuente propia

Filtración

En el momento en que el agua supera el nivel del área de sedimentación inicia el proceso de filtración encontrándose con el falso fondo del filtro que está compuesto por una lámina de 8 mm con 64 perforaciones de 1 cm de diámetro y distribuidas simétricamente en el área de la lámina mencionada en la descripción inicial del manual, luego se encuentra con una capa de grava $\frac{1}{2}$ " y un espesor de 2 cm que actúa como material de soporte, para finalmente pasar por una capa de arena de río que tiene un espesor de 6.3 cm de allí en adelante tiene un recorrido de 6.7 cm hasta llegar al tubo de salida del prototipo.

Ilustración 19 Proceso de sedimentación

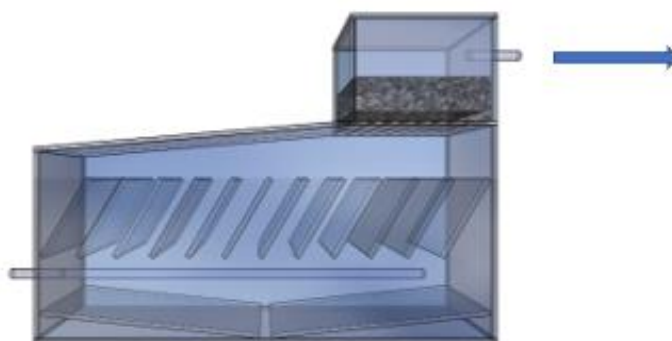


Fuente propia

Entrega

De la entrega podemos decir que después de los procesos mencionados mejora la calidad del agua, solo resta hacer la conducción desde la salida del prototipo hasta un tanque de almacenamiento desde donde será recogida y transportada por un vehículo hasta el tanque de almacenamiento que se encuentra a lo alto del cerro de Guadalupe, este será el encargado de distribuir el agua a los diferentes módulos en donde cada uno de los vendedores del cerro utiliza la misma para las diferentes actividades que se realizan.

Ilustración 20 Proceso de entrega



Fuente propia

Terminada la presentación del proceso que se iba a llevar a cabo con el prototipo, se aclararon algunas dudas con la CAR acerca del material que se podría utilizar para la fabricación del prototipo, para ellos no hubo problema en dejar el material de acrílico traslucido que se había planteado, sin embargo, si se hizo la recomendación de instalarlo en un punto donde estuviera fijo y no estuviera expuesto a factores externos como el clima.

Foto 7 Socialización del Proyecto



Fuente propia

6.2. CAPACITACIÓN PARA LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROTOTIPO

Es importante realizar la capacitación para la instalación y puesta en marcha del prototipo ya que es un punto clave para el buen funcionamiento del mismo, a partir de una buena instalación y puesta en marcha se puede asegurar la vida útil del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente, la capacitación tiene como objetivo el brindar las herramientas necesarias para hacer la instalación y puesta en marcha del prototipo adecuadamente y de esta manera garantizar el funcionamiento y área necesaria de trabajo.

Por lo cual dentro de los objetivos principales que se buscan cumplir con la capacitación tenemos los siguientes:

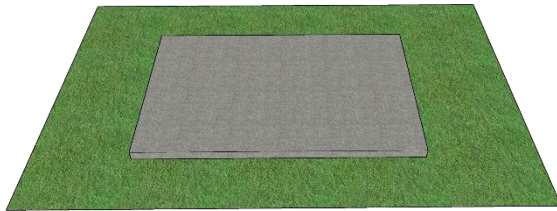
- Dar un instructivo de las actividades que involucran la instalación y puesta en marcha del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente.
- Entregar el folleto como material de apoyo, para una posterior consulta acerca del proceso de instalación.

6.2.1. Instalación y puesta en marcha del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente

La instalación del prototipo es de gran importancia por ello a continuación se presenta el paso a paso para hacer la instalación sin mayor problema, mediante esquemas generales los cuales, dan la posibilidad de entender un poco mejor cada uno de los pasos, es importante mencionar que estos esquemas fueron realizados con el objetivo de ilustrar el proceso de instalación.

Es importante que el prototipo quede en un lugar que este a nivel y muy bien afirmado por lo cual se recomienda hacer una placa de concreto.

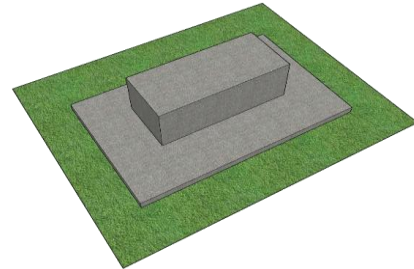
Ilustración 21 Instalación del prototipo paso 1



Fuente propia

Teniendo en cuenta que se le hará un mantenimiento, es recomendable hacer una base que permita un aislamiento entre el prototipo y el piso.

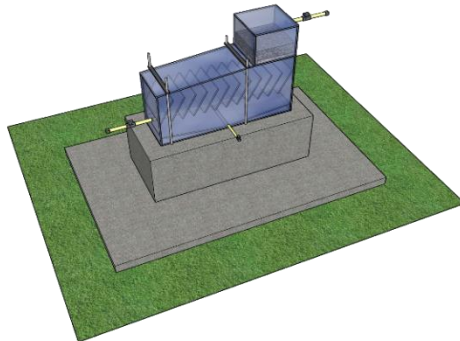
Ilustración 22 Instalación del prototipo paso 2



Fuente propia

Ubicar el prototipo en el centro de la base, perfectamente nivelado.

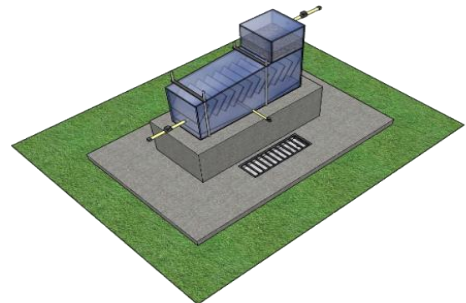
Ilustración 23 Instalación del prototipo paso 3



Fuente propia

Se recomienda poner un cárcamo para el desagüe de los sedimentos este paso es opcional.

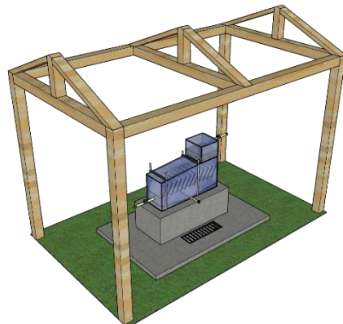
Ilustración 24 Instalación del prototipo paso 4



Fuente propia

Se realiza la estructura del cerramiento como se recomienda a continuación.

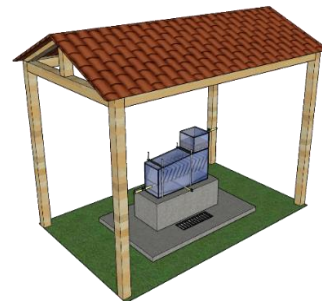
Ilustración 25 Instalación del prototipo paso 5



Fuente propia

Procedemos a instalar la cubierta la cual protegerá el prototipo del agua y el sol.

Ilustración 26 Instalación del prototipo paso 6



Fuente propia

Realizar la conexión del tanque que alimentará el prototipo.

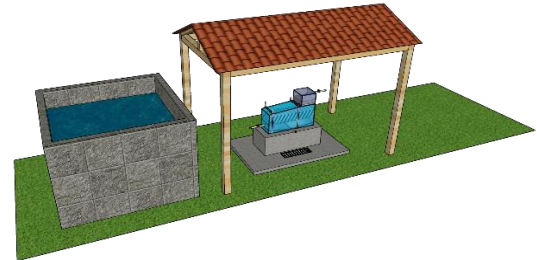
Ilustración 27 Instalación del prototipo paso 7



Fuente propia

Se abre el registro dando inicio al tratamiento básico que se va a implementar.

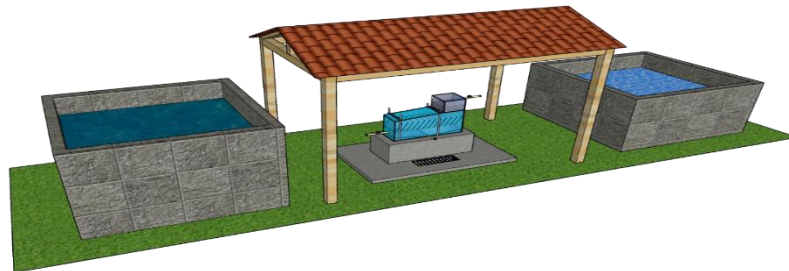
Ilustración 28 Instalación del prototipo paso 8



Fuente propia

Finalmente se conecta al tanque de almacenamiento donde quedará el agua tratada y lista para ser llevada hasta el Cerro de Guadalupe.

Ilustración 29 Instalación del prototipo paso 9



Fuente propia

Notas:

Como se mencionó en el enunciado anterior las imágenes expuestas son muy generales y dan una perspectiva más cercana de lo que se quiere realizar sin embargo es importante entender la idea general que se busca en cada uno de los pasos.

En los pasos Número 7 y 9 los cuales hablan de las conexiones a cada uno de los tanques según corresponde, es importante aclarar que se dejara inicialmente un registro de entrada y salida y subsiguiente a cada uno de ellos una conexión universal, con el fin de que se puedan hacer diferentes conexiones según amerite el caso.

La estructura del cerramiento, cubierta y tanques deberán ser asumidas por la asociación de vendedores del Cerro de Guadalupe.

6.3. CAPACITACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO DEL PROTOTIPO

La capacitación del mantenimiento y limpieza del prototipo es fundamental, ya que uno de los objetivos principales del proyecto es entregar el agua a la asociación de vendedores del cerro un agua más limpia, y por lo tanto el proceso de mantenimiento es una ayuda enorme para el funcionamiento óptimo del prototipo, es decir aunque se realice este tratamiento básico cualquier medida que se pueda tomar para optimizar estos procesos es importante y complementa la eficacia del prototipo que se quiere implementar, esta capacitación tiene como objetivo el brindar las herramientas necesarias para el mantenimiento adecuado y de esta manera garantizar la vida útil de la estructura y su funcionamiento.

Por lo cual dentro de los objetivos principales que se buscan cumplir con la capacitación tenemos los siguientes:

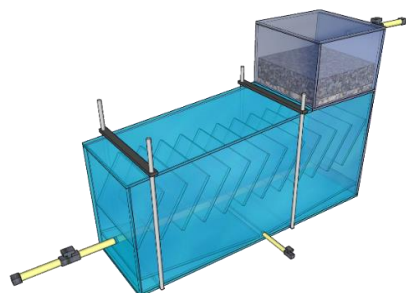
- Dar un instructivo de las actividades que involucra el proceso de mantenimiento del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente.
- Entregar el folleto como material de apoyo, para una posterior consulta acerca del proceso de instalación.

6.3.1. Mantenimiento del sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente

El mantenimiento del prototipo es recomendado hacerlo siguiendo el paso a paso que a continuación se presenta mediante imágenes acerca de este proceso, es importante relacionar muy bien cada uno de los pasos, teniendo en cuenta que este paso a paso esta dado a modificaciones que permitan mejorar el proceso.

Cerrar el registro del tubo de entrada al sedimentador.

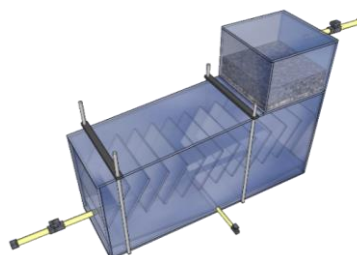
Ilustración 30 Mantenimiento del prototipo
paso 1



Fuente propia

Se hace el vaciado del agua y los sedimentos retenidos dentro del prototipo.

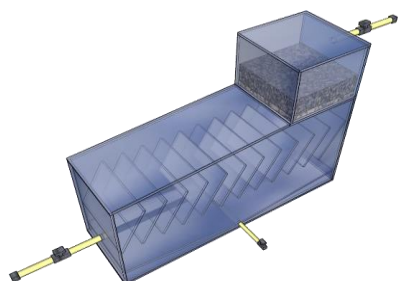
Ilustración 31 Mantenimiento del prototipo
paso 2



Fuente propia

Soltar las tuercas del sistema que ajusta la tapa superior

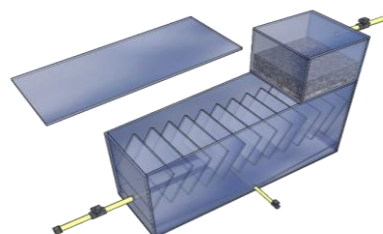
Ilustración 32 Mantenimiento del prototipo
paso 3



Fuente propia

Se retira la lámina superior del área de sedimentación ya que esta quedará removible.

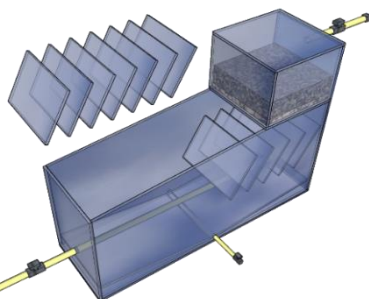
Ilustración 33 Mantenimiento del prototipo
paso 4



Fuente propia

Se retiran las lamelas (las que se puedan retirar).

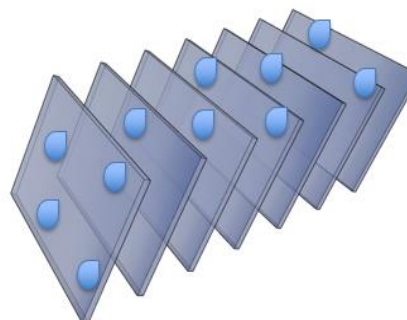
Ilustración 34 Mantenimiento del prototipo
paso 5



Fuente propia

Se hace el lavado de las lamelas con agua a presión.

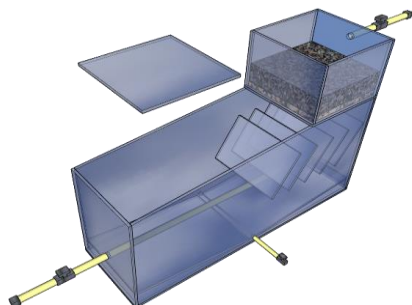
Ilustración 35 Mantenimiento del prototipo
paso 6



Fuente propia

Se retira la parte superior del área de filtración,

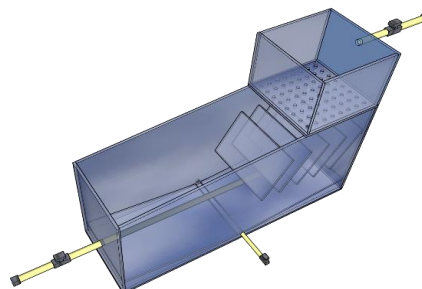
Ilustración 36 Mantenimiento del prototipo
paso 7



Fuente propia

Se retira el material filtrante y el material de soporte

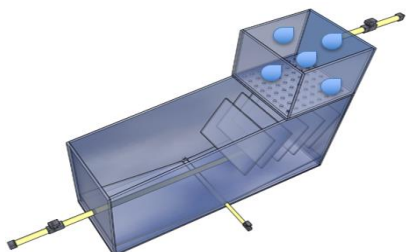
Ilustración 37 Mantenimiento del prototipo
paso 8



Fuente propia

Lavado del área de filtración con agua presión.

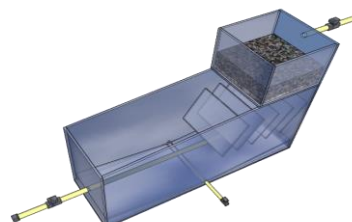
Ilustración 38 Mantenimiento del prototipo
paso 9



Fuente propia

Colocar el nuevo material de soporte y de filtración (Según especificaciones).

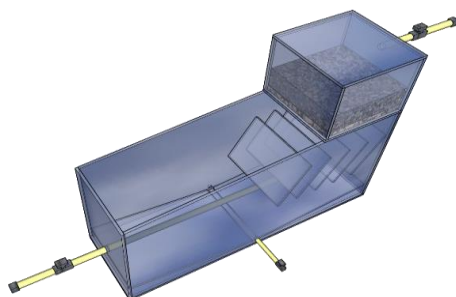
Ilustración 39 Mantenimiento del prototipo
paso 10



Fuente propia

Colocar de nuevo la tapa del área de filtración.

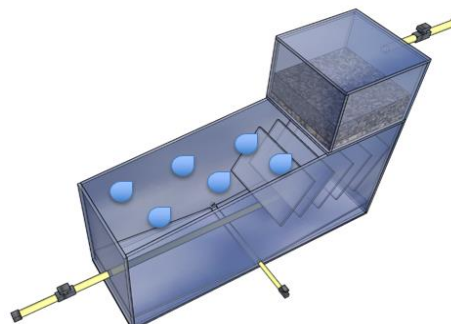
Ilustración 40 Mantenimiento del prototipo
paso 11



Fuente propia

Lavado del área de Sedimentación con agua presión.

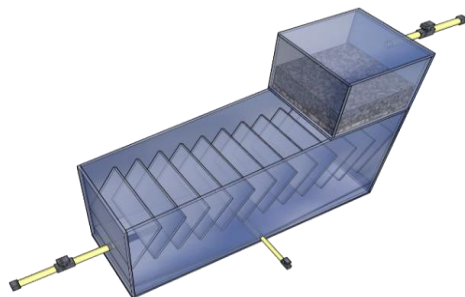
Ilustración 41 Mantenimiento del prototipo
paso 12



Fuente propia

Ubicar de nuevo las lamelas en su posición original.

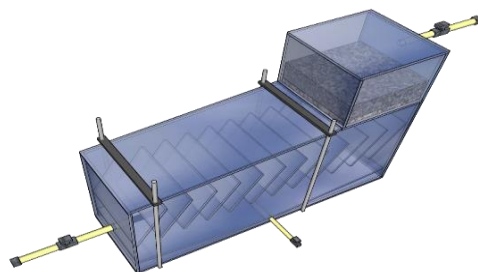
Ilustración 42 Mantenimiento del prototipo paso 13



Fuente propia

Tapar el área de sedimentación asegurándose de que el prototipo quede totalmente hermético para su próximo uso.

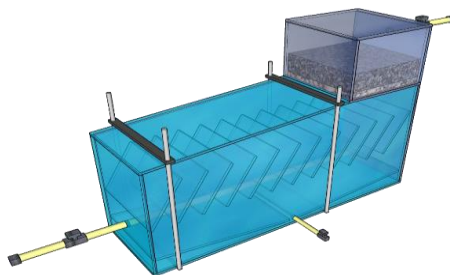
Ilustración 43 Mantenimiento del prototipo paso 14



Fuente propia

Abrir el registro del tubo de entrada al sedimentador.

Ilustración 44 Mantenimiento del prototipo paso 15



Fuente propia

Notas:

Se recomienda hacer el mantenimiento cuando la acumulación de lodos este a $\frac{1}{3}$ del volumen de la tolva de sedimentos, área comprendida desde el inicio de las placas inclinadas del fondo del sedimentador, en cuanto al cambio de material del filtro se recomienda hacer cuando se produzca taponamiento.

Es importante revisar la cantidad de sólidos sedimentados o lodos que se generen por los procesos llevados a cabo en el prototipo para tener una idea más real de cuantos y cada cuanto se están generando estos y así estimar mejor el periodo de funcionamiento ideal y la cantidad de mantenimientos que se deben hacer al año.

CONCLUSIONES

- Gracias a los conocimientos adquiridos durante la carrera se logró realizar el diseño y la construcción del prototipo, realizando las debidas adecuaciones que se requerían logrando facilitar el mantenimiento del mismo.
- Aunque no fue posible realizar todas las pruebas de laboratorio correspondientes debido a la situación por la cual está pasando el país, se utilizó como referente del prototipo uno realizado anteriormente, teniendo en cuenta estos resultados se espera que la eficiencia del prototipo construido sea la adecuada.
- El material didáctico que se propuso inicialmente se logró hacer de una manera sencilla para que los integrantes de la asociación puedan ver el paso a paso de los procesos de instalación y mantenimiento, que son importantes para que el prototipo funcione correctamente.
- Debido a que las capacitaciones planteadas inicialmente no se pudieron llevar a cabo, se planea suplir de alguna manera la transferencia de conocimiento entregando los folletos, y comprometiéndonos a atender cualquier duda que se presente.
- Es importante recalcar que dentro del diseño se acoplan los dos procesos, lo cual disminuye la ocupación del espacio y optimiza el tratamiento propuesto al tener menos recorridos y mejorar la fluencia del agua dentro del proceso.
- El diseño propuesto además de acoplar los dos procesos es más económico debido a sus materiales de fabricación y al diseño, ya que normalmente estos procesos se hacen por aparte, con esto se logró disminuir los costos de fabricación del prototipo el cual fue asumido por nosotros.
- El prototipo será entregado a la asociación de vendedores del Cerro de Guadalupe lo que significa que solo tendrán que asumir costos de instalación y mantenimiento logrando así disminuir la inversión por parte de ellos.

RECOMENDACIONES

- Tomar este proyecto como base para realizar un prototipo en la universidad, que sirva para desarrollar pruebas de laboratorio para la asignatura Plantas de Tratamiento, para estudiantes de los próximos semestres.
- Es importante que los encargados de realizar la instalación tengan en cuenta cada una de las recomendaciones dadas en el folleto que se les entregará, ya que siguiendo cada uno de los pasos se lograra el correcto funcionamiento del prototipo.
- Aprovechando que el prototipo se diseñó para que el mantenimiento se pueda realizar de una manera práctica siguiendo las indicaciones del folleto.
- Es recomendable usar este tipo de prototipo en poblaciones pequeñas ya que por ser compacto no ocupa mucho espacio.
- Al terminar la contingencia presentada en la actualidad debido a pandemia generada por el “COVID-19” y se pueda retornar a la universidad a hacer uso de los laboratorios, se realizaran las pruebas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del prototipo y así poder ser entregado a la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- A., R. J. (1999). *Potabilización de Agua 3ra Edición* . Mexico D.F.: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Arid Garcia. (2019). *AridsGarcia*. Obtenido de <http://www.aridsgarcia.com/es/la-oficina-virtual/tabla-de-densidad-de-los-materiales>
- Davis, M. L. (2010). *Water and Waswater Engineering*. McGraw-Hill.
- Eden Spring. (2019). *Eden* . Obtenido de <https://www.aguaeden.es/blog/los-filtros-de-agua-tipos-funciones-y-mantenimiento>
- F., S. (8 de Septiembre de 2010). *Fundamentals of Statics*. Recuperado el 6 de Marzo de 2020, de http://www.statistics4u.com/fundstat_eng/cc_filtering.html
- Handbook, S. D. (2015). *Suez*. Recuperado el 5 de Marzo de 2020, de <https://www.suezwaterhandbook.com/water-and-generalities/fundamental-physical-chemical-engineering-processes-applicable-to-water-treatment/sedimentation/different-types-of-sedimentation>
- J.A., V. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua 3ra Edición Tomo 2* . Londres: Nomos S.A.
- McKean, T. (2010). *NOVEL APPLICATION OF A LAMELLA CLARIFIER FOR IMPROVED PRIMARY TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER*. Bendigo: 73rd Annual Victorian Water Industry Engineers & Operators Conference .
- Méndez, Ángeles. (21 de Julio de 2011). *Química*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/general/filtracion>
- Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (22 de Junio de 2007). *Ministerio de Ambiente*. Obtenido de Resolucion 2115: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf
- Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio. (08 de Junio de 2017). *Resolución 0330 de 2017*. Bogota, Colombia.
- P., J. A. (2004). *Universidad Nacional, Sedimentación* . Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/70/5/45_-_4_Capi_3.pdf
- Rodriguez, S. Z. (2016). *Estudios y Diseños Planta de Potabilización de Agua Centro Agropecuario Marengo*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.

- S.T. Su, R. W. (Septiembre de 2003). *Sciencedirect Direct*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135403005025>
- S/A. (2019). *Carbotecnia*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/proceso-de-purificacion-de-agua-potable/>
- S/A. (s.f.). *Lenntech*. Recuperado el 15 de Abril de 2020, de <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/historia/historia-tratamiento-agua-potable.htm>
- Salazar, C. A. (2004). *Diseño de un SEDimentador de Placa Paralela con Flujo Horizontal Bajo el Concepto de la Tasa de Desbordamiento Superficial*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Science, N. A. (2007). *GLOBAL HEALTH AND EDUCATION FOUNDATION*. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de <https://www.globalhef.org/>
- Semana. (12 de Febrero de 2019). *Semana Sostenible*. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/48-municipios-se-declararon-en-calamidad-publica-por-desabastecimiento-de-agua/42929>
- Stefan J. Hoeger, B. C. (Julio de 2004). *Scianedirect*. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <https://www.sciencedirect.com/>
- Valencia, E. (2010). Sistemas Descentralizados Integrados y Sostenibles para el Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas. *Revista Ingenieria y Región*, 8.
- Valencia, J. A. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua 3ra Edición Tomo 1.*. Londres: Nomos S.A.
- Vargas, L. C. (2004). *Tratamiento de aguas para consumo humano : plantas de filtración rápida. Manual II : diseño de plantas de tecnología apropiada*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Water T. (2012). *Sedimentadores Lamelares*. Obtenido de <http://www.tekwater.cl/wp-content/uploads/2016/08/Sedimentador-Lamelar.pdf>
- Zamora, A. R. (29 de Junio de 2016). *bogota.gov.co*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/cultura-deporte-y-recreacion/cerro-de-guadalupe-una-joya-bogotana-que-no-puede-dejar-de>
- Zuñiga, B. R. (2019). *Sedimentador de Alta Tasa y Filtro de Flujo Ascendente*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Bogotá D.C, 28 de septiembre de 2019

SEÑORES ASOCIACIÓN DE VENDEDORES DEL CERRO DE GUADALUPE

Sra. Presidenta Gladys Rico


De acuerdo a lo establecido por la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia, queremos comunicar nuestro interés y compromiso por la solución a la problemática que se está presentando actualmente con la potabilización de aguas usada por los vendedores afiliados a la Asociación de Vendedores del Cerro de Guadalupe.

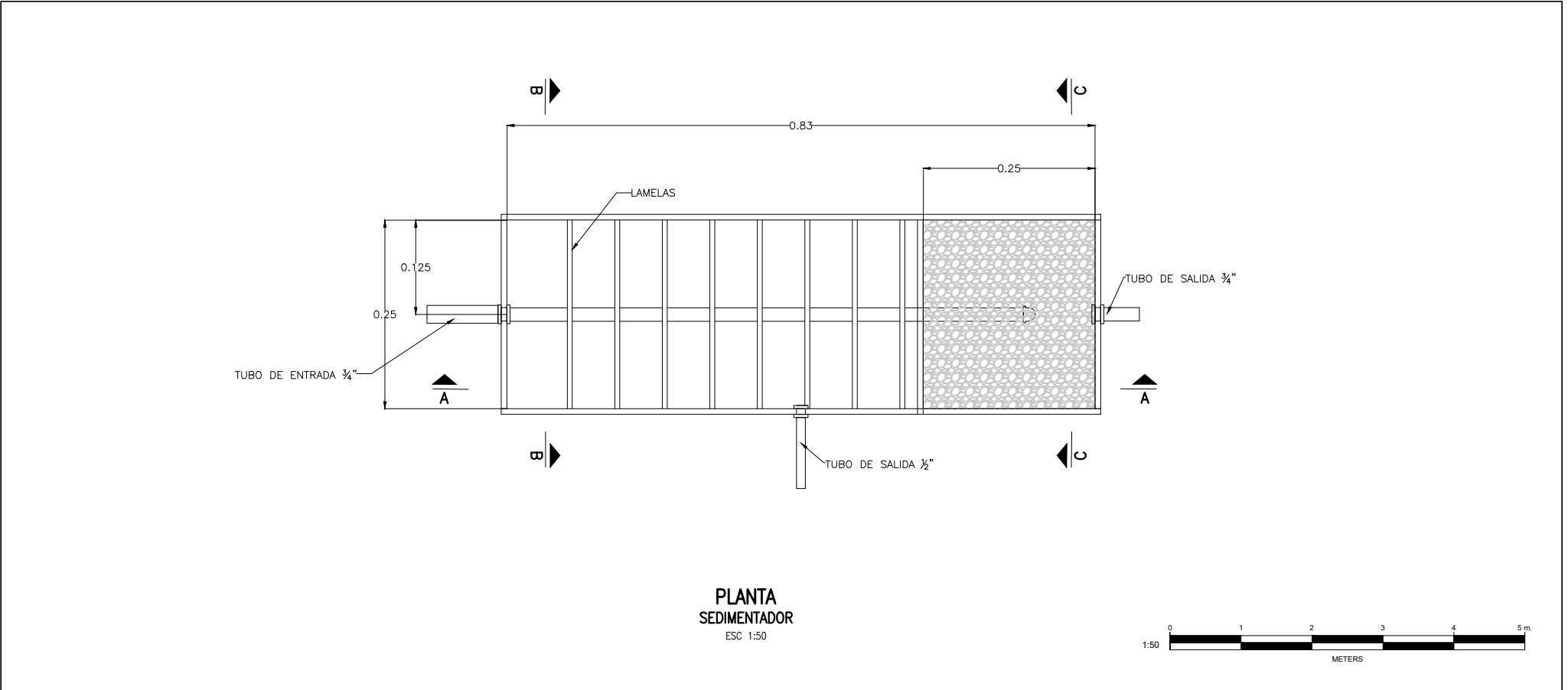
Para el desarrollo del proyecto seguiremos los lineamientos dados en la institución mencionada anteriormente, los cuales se irán desarrollando a lo largo del periodo comprendido entre 2019-III y 2020-I, partiendo de esto al final del primer periodo de año 2020 se entregara el diseño y el prototipo instalado y funcionando.

A continuación se presentan los alumnos que se harán cargo del proyecto:

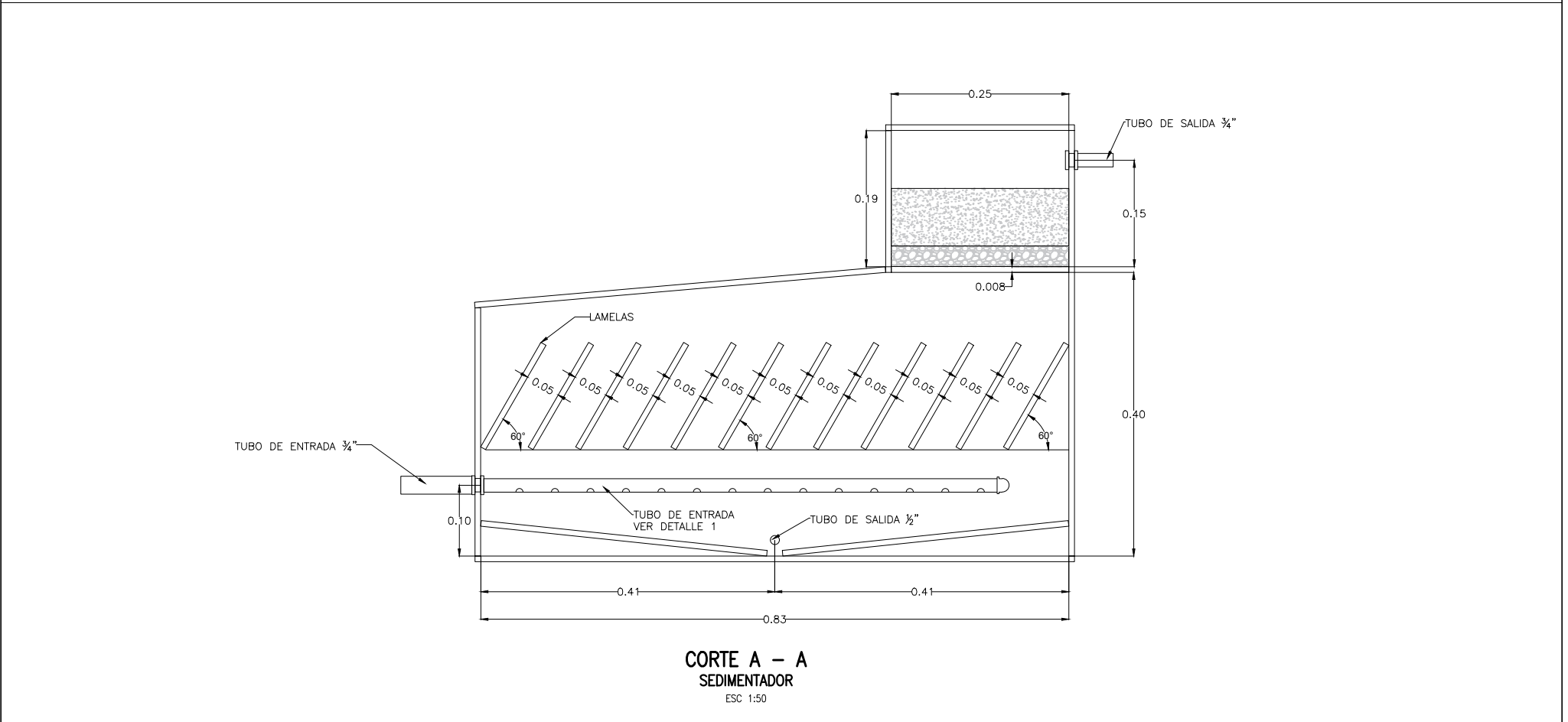
Christian Leonardo Guerrero, Cod: 506701

Brayan David Rodríguez, Cod: 506567

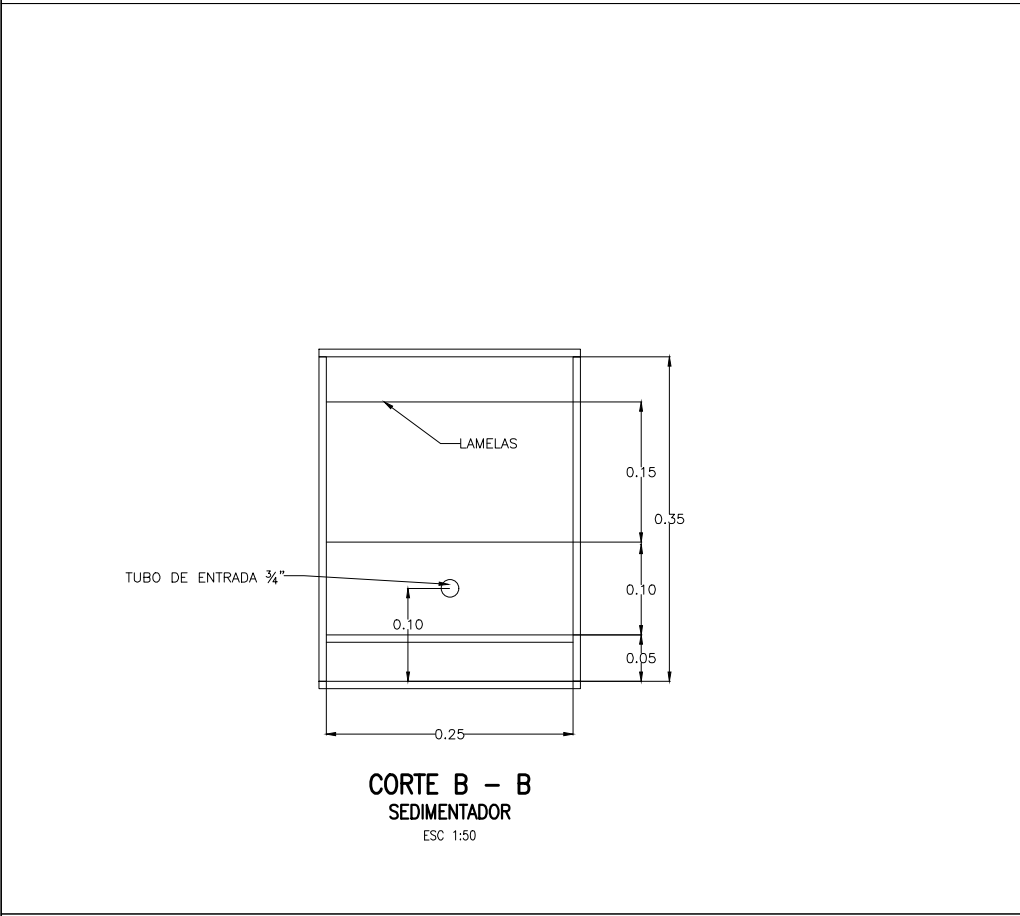

Aprueba y acepta Nit 900.138.296.-6.
CC 52.117 802 B+A



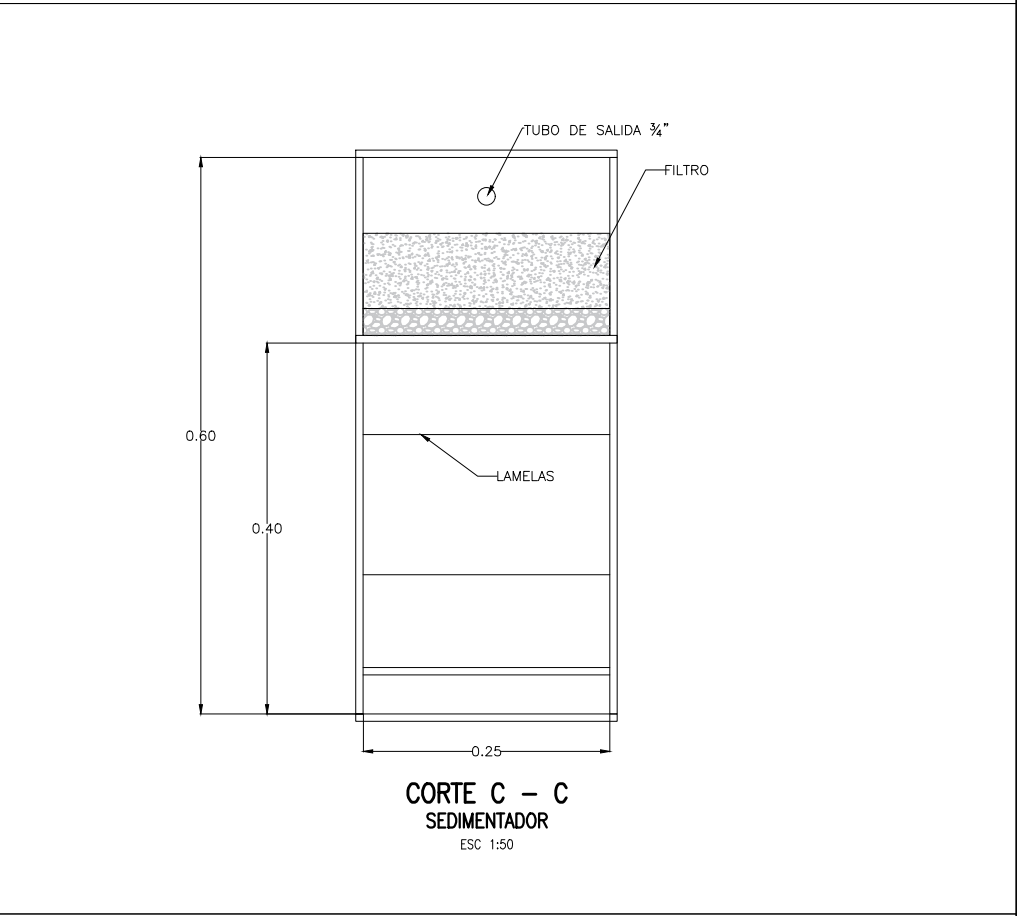
PLANTA
SEDIMENTADOR
ESC 1:50



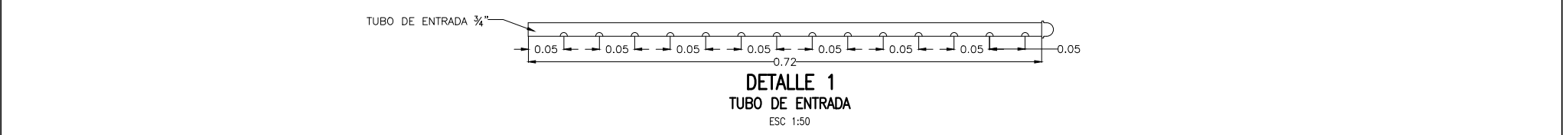
CORTE A – A
SEDIMENTADOR
ESC 1:50



CORTE B – B
SEDIMENTADOR
ESC 1:50



CORTE C – C
SEDIMENTADOR
ESC 1:50



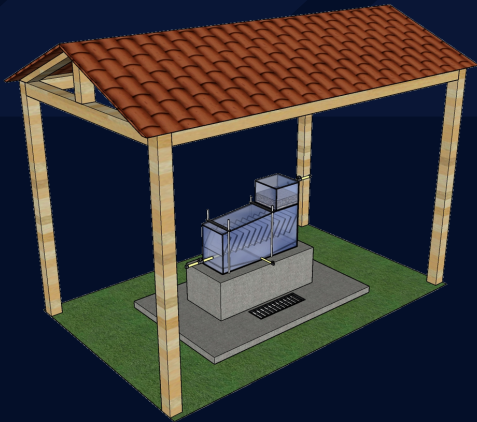
DETALLE 1
TUBO DE ENTRADA
ESC 1:50

T-1	Plano	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PLANO SEDIMENTADOR DIMENSIONES	Presentan: Christian Leonardo Guerrero López 506701 Brayan David Rodríguez Vega 506567		Fecha: Junio 2020																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
-----	-------	---	---	--	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



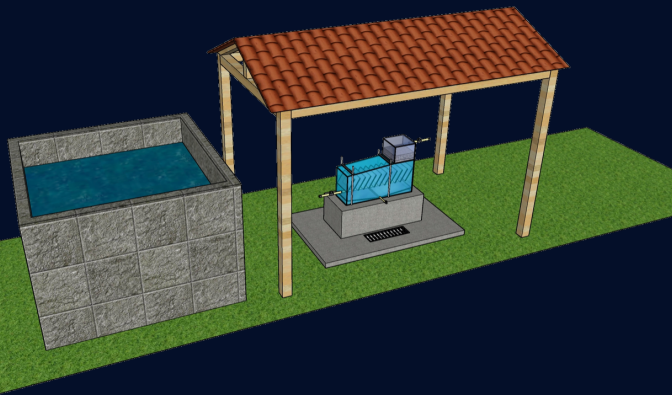
PASO 5

Procedemos a instalar la cubierta la cual protegerá el prototipo del agua y el sol.



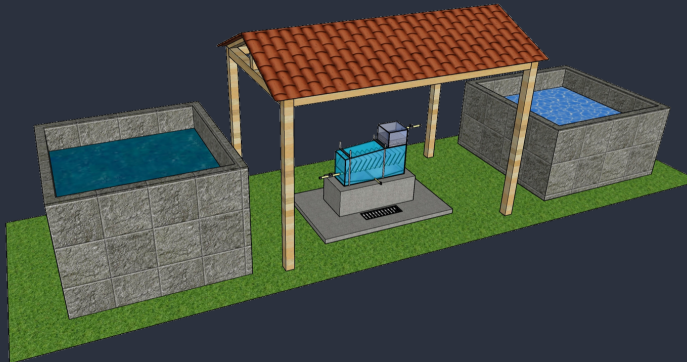
PASO 6

Realizar la conexión del tanque que alimentará el prototipo. Se deberá abrir el registro dando inicio al tratamiento básico que se va a implementar.



PASO 7

Finalmente se conecta al tanque de almacenamiento donde quedará el agua tratada y lista para ser llevada hasta el Cerro de Guadalupe.



NOTAS

las imágenes expuestas son muy generales y dan una perspectiva más cercana de lo que se quiere realizar sin embargo es importante entender la idea general que se busca en cada uno de los pasos.

En los dos últimos pasos se dejarán uniones universales con el fin de que se puedan hacer diferentes configuraciones de conexión según amerite el caso.



INSTRUCTIVO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

SEDIMENTADOR DE ALTA TASA Y
FITRO DE FLUJO ASCENDENTE

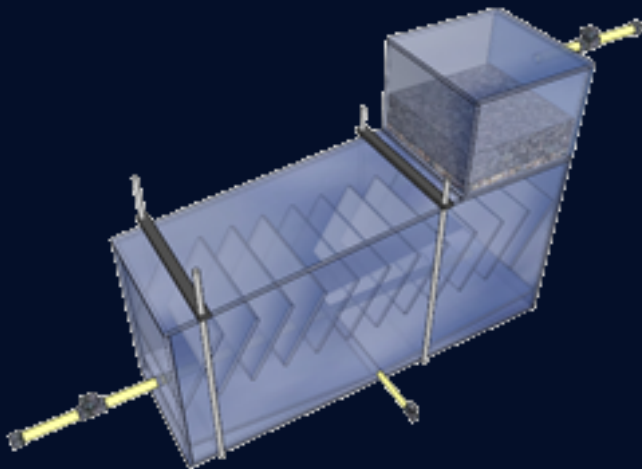
BRAYAN DAVID RODRIGUEZ VEGA
506567
CHRISTIAN LEONARDO GUERRERO LOPÉZ
506701

"Este instructivo se realiza básicamente para facilitar de una manera didáctica cada uno de los pasos que se deben realizar al momento de hacer la instalación y puesta en marcha del prototipo."



DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

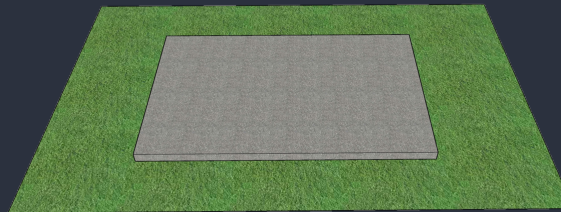
El sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente fabricado en acrílico traslucido está formado por 26 piezas de diferentes dimensiones, este prototipo está diseñado para hacer el tratamiento básico del agua que será utilizada por la asociación de vendedoras del Cerro de Guadalupe.



PASO A PASO

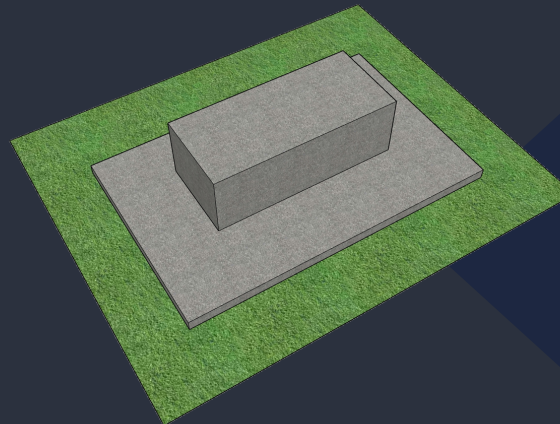
PASO 1

Es importante que el prototipo quede en un lugar que esté a nivel y muy bien afirmado por lo cual se recomienda hacer una placa de concreto.



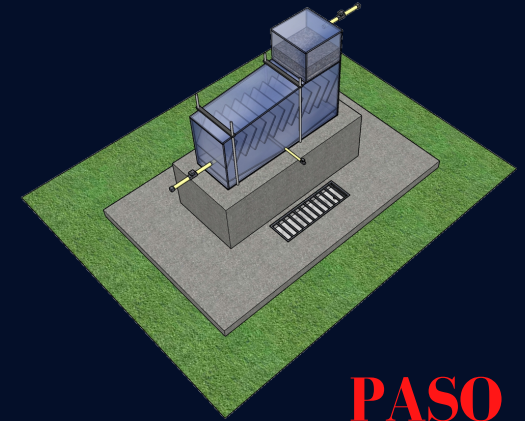
PASO 2

Teniendo en cuenta que se le hará un mantenimiento, es recomendable hacer una base que permita un aislamiento entre el prototipo y el piso.



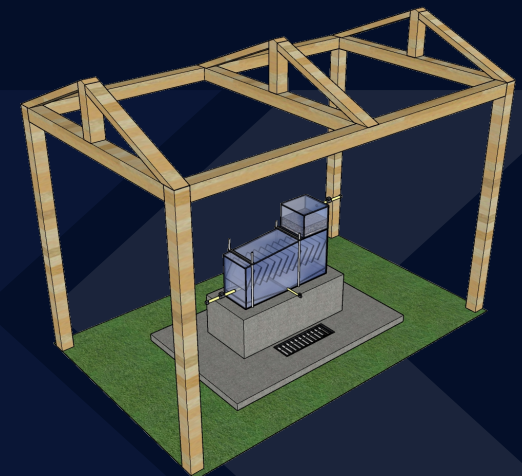
PASO 3

Ubicar el prototipo en el centro de la base, perfectamente nivelado. Se recomienda poner un cárcamo para el desagüe de los sedimentos, es opcional.



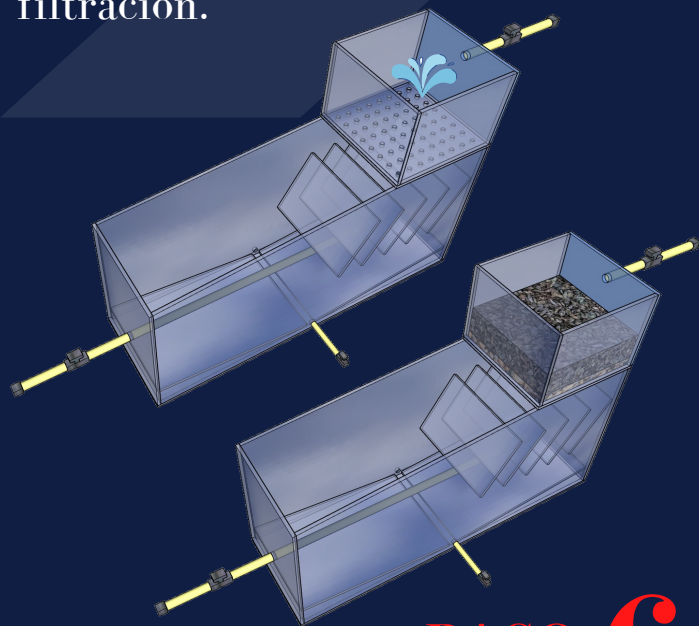
PASO 4

Se realiza la estructura del cerramiento como se recomienda a continuación.



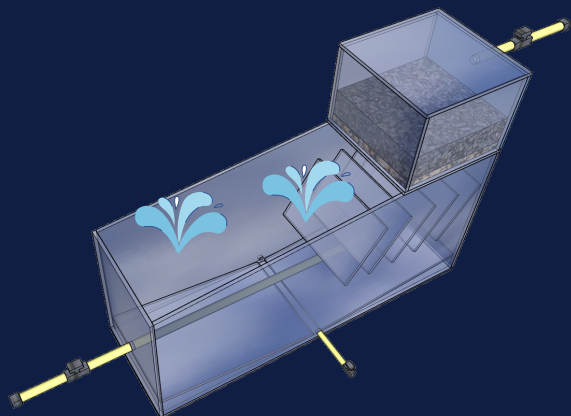
PASO 5

lavar el área de filtración con agua presión, colocar el nuevo material de soporte y de filtración.



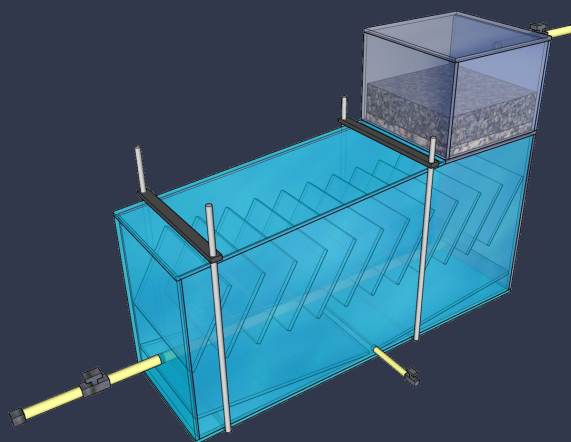
PASO 6

Colocar de nuevo la tapa del área de filtración y lavar el área de sedimentación con agua a presión.



PASO 7

Ubicar de nuevo las lamelas en su posición original, Tapar el área de sedimentación asegurándose de que el prototipo quede totalmente hermético para su próximo uso y por ultima abrir el registro del tubo de entrada al sedimentador.



NOTAS

Se recomienda hacer el mantenimiento cuando la acumulación de lodos este a $\frac{1}{3}$ del volumen de la tolva de sedimentos, área comprendida desde el inicio de las placas inclinadas del fondo del sedimentador, en cuanto al cambio de material del filtro se recomienda hacer cuando se produzca taponamiento.



INSTRUCTIVO DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA

SEDIMENTADOR DE ALTA TASA Y
FITRO DE FLUJO ASCENDENTE

BRAYAN DAVID RODRIGUEZ VEGA
506567
CHRISTIAN LEONARDO GUERRERO LOPÉZ
506701

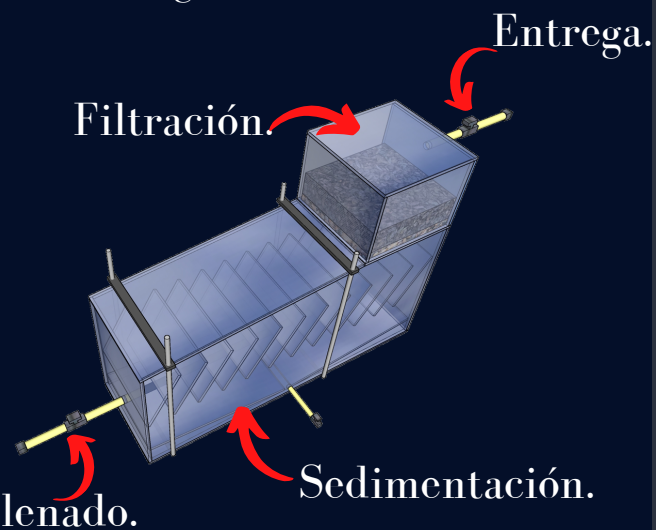
"Este instructivo se realiza básicamente para facilitar de una manera didáctica cada uno de los pasos que se deben realizar al momento de hacer el mantenimiento limpieza y puesta en marcha del prototipo."



ETAPAS DEL PROCESO

El sedimentador de alta tasa y filtro de flujo ascendente está conformado por las siguientes etapas:

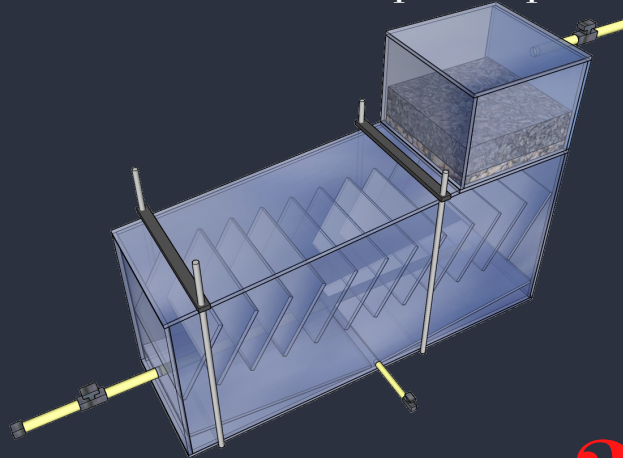
- Llenado.
- Sedimentación.
- Filtración.
- Entrega.



PASO A PASO

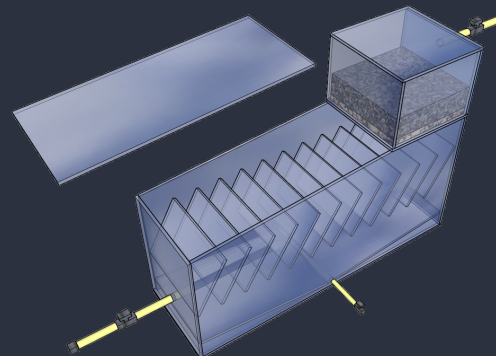
PASO 1

Cerrar el registro del tubo de entrada al sedimentador, hacer el vaciado del agua y los sedimentos retenidos dentro del prototipo.



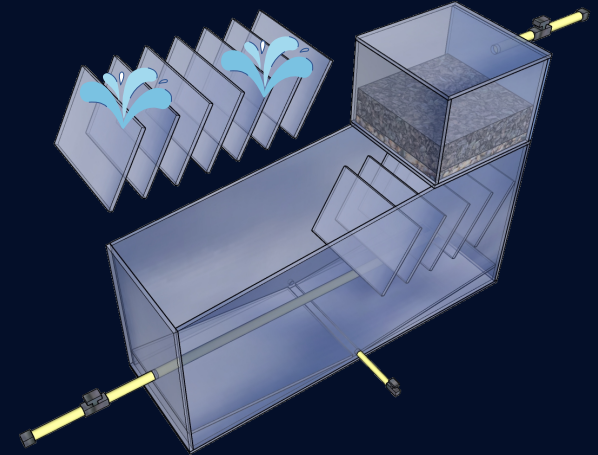
PASO 2

Soltar las tuercas del sistema que ajustan la tapa superior y retirar la lámina superior del área de sedimentación ya que esta quedará removible.



PASO 3

Retirar las lamelas que se indican en la imagen y hacer el lavado de las mismas con agua a presión.



PASO 4

Retirar la tapa superior del filtro, el material filtrante y el material de soporte.

